



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

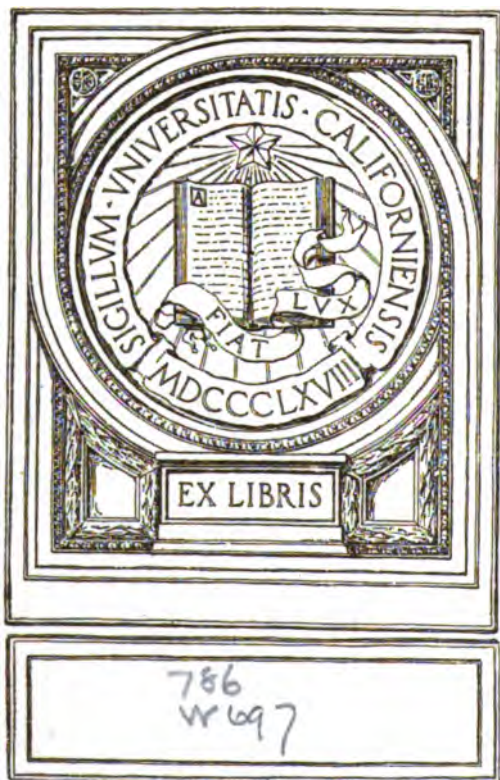
Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

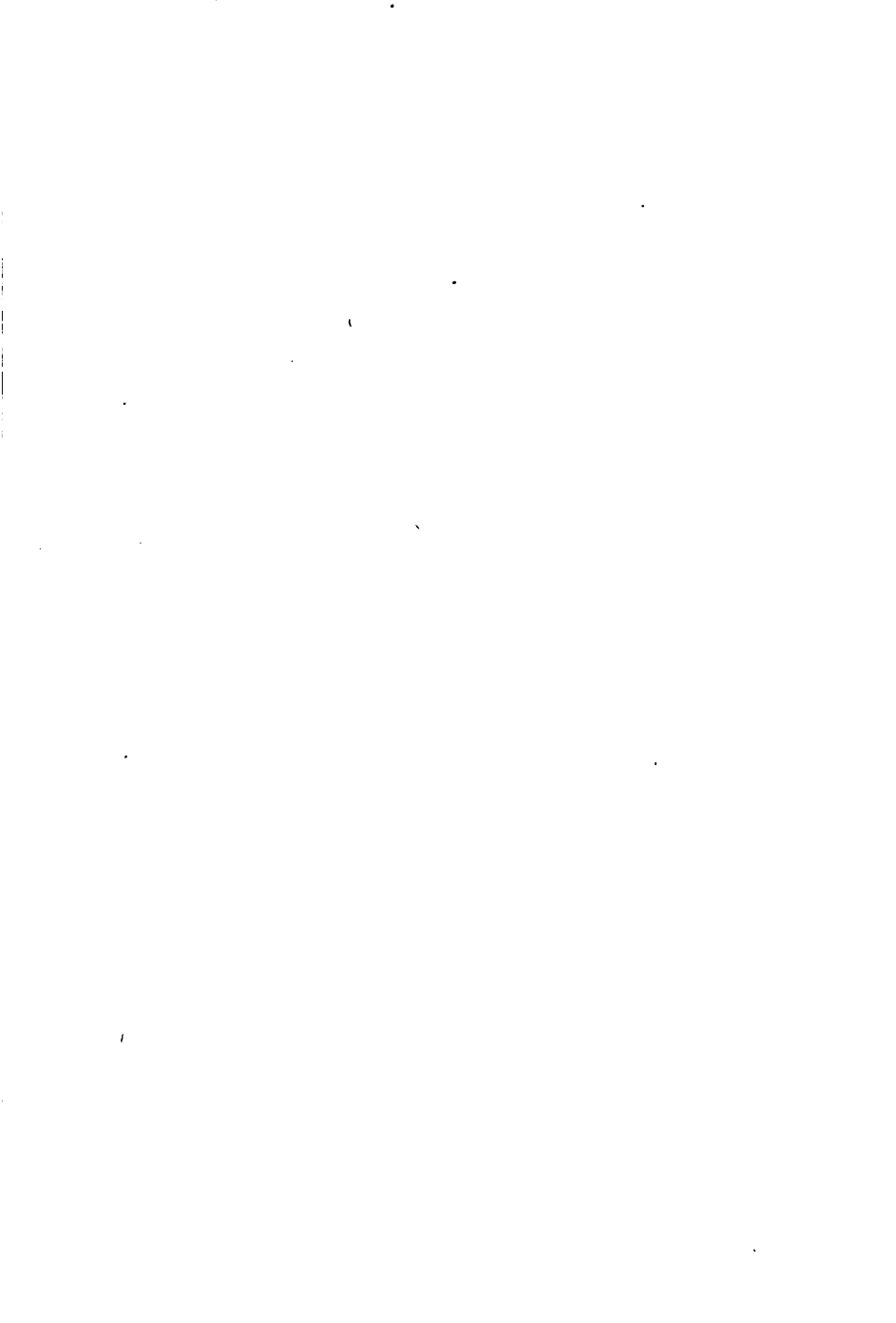
About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>

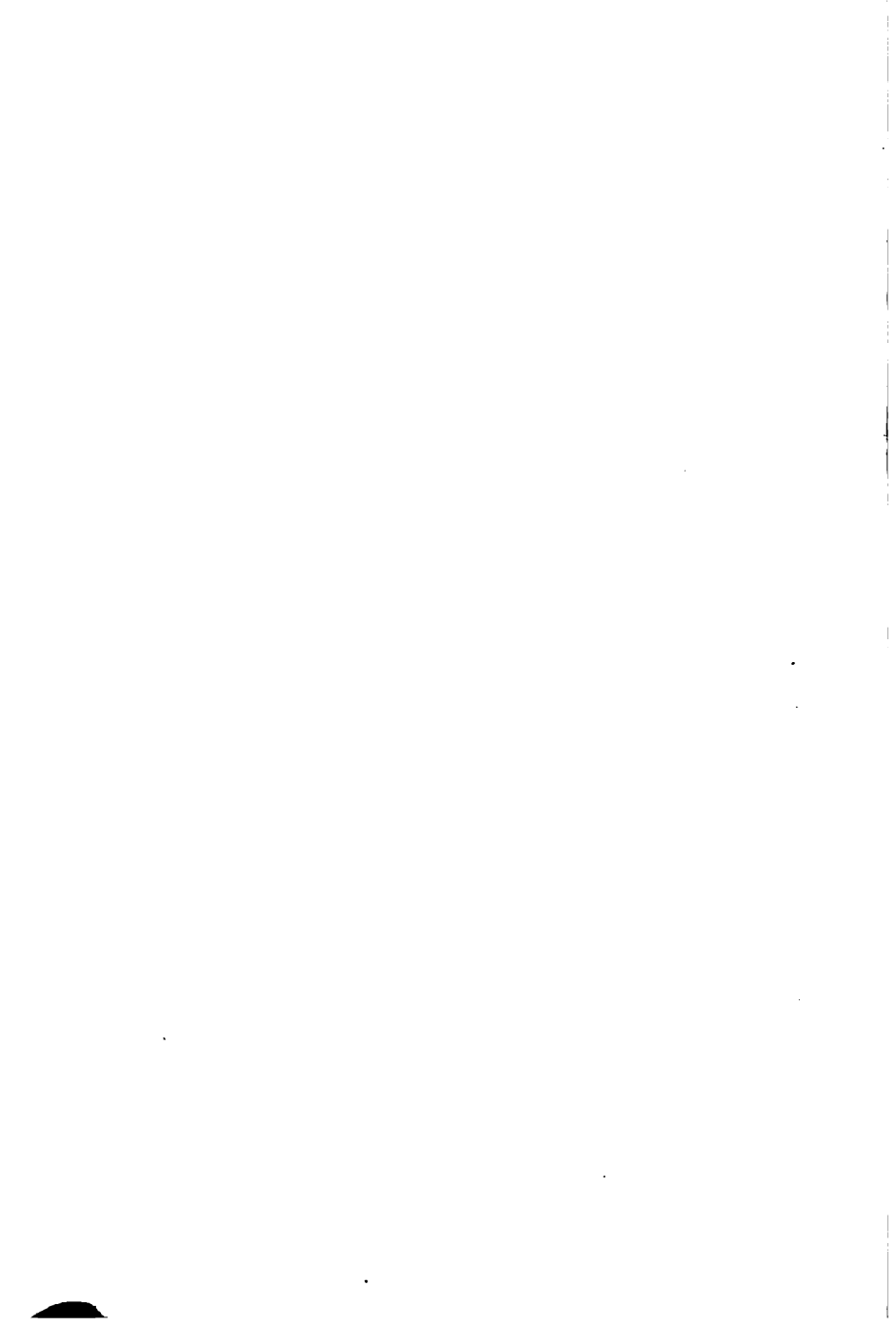


EX LIBRIS

786
vr 697



**A READER OF SCIENTIFIC
AND TECHNICAL SPANISH**



A READER OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL SPANISH

**FOR
COLLEGES AND
TECHNOLOGICAL SCHOOLS**

**WITH
*VOCABULARY AND NOTES***

BY
CORNÉLIS DEWITT WILLCOX
Lieutenant Colonel, United States Army
Professor, U. S. Military Academy,
Late General Staff Corps,
Officier d'Académie.



New York
STURGIS & WALTON
COMPANY
1913

COPYRIGHT, 1918 .

By STURGIS & WALTON COMPANY

Set up and Electrotyped, Published, November, 1918

PREFACE

This work has been prepared in the belief that it might be of use to those students of our Colleges and Technological Schools who mean to practice the Engineering Profession in the Spanish-speaking Americas. Accordingly their particular point of view has been steadily kept in mind; the extracts that follow are in the main taken from what may, for lack of a better term, be called practical texts.

But few notes have been furnished: the text, as a text, is simple and should offer no difficulties to students that have already acquired some knowledge of the language.

In a work of this sort, the difficulty is not one of inclusion, but of exclusion. And once the subject is decided on, another difficulty presents itself: how much space shall be allotted to each head? As usual, the result is a compromise; but, since to-day nearly all branches of practical science interlock, more or less, it is thought that the matter here presented will give the reader not only a fair idea of the Spanish technical vocabulary, but, within the limits of the text, even a working knowledge of it.

It is assumed that the student is already acquainted with ordinary Spanish; the vocabulary is therefore limited to the scientific and technical words occurring in the texts selected.

The omission of some diagrams has made necessary a few changes in the text.

The figures are mostly by 1st Lieutenant J. W. Lang, U. S. A., to whom my best thanks are due.

C. DeW. W.

West Point, New York.

TABLA DE MATERIAS

	PÁGS.
I FÍSICA.	
Péndulo	3
Vibraciones Sonoras	12
Sonoridad y Cualidades del Sonido	15
Equivalente Mecánico de la Caloría	17
Espectroscopía	20
II QUÍMICA.	
Nomenclatura Química	27
Termoquímica, etc.	34
Aire Atmosférico	41
Concepto y Definición de la Química Orgánica	53
Azúcar	56
Operaciones y Aparatos	60
III LA CONSERVACIÓN DE LAS PÓLVORAS MODERNAS	65
IV ELECTRICIDAD.	
Electricidad Estática y Dinámica	89
Imanes	92
Circuito Electro	96
Unidades Prácticas Eléctricas	97
Aparatos para Medir las Corrientes Eléctricas	98
Regulador de Corriente	104
Transformadores	106
Lámpara Incandescente	112
Máquinas	118
Alternadores Polifásicos	123
Cuidados para la Instalación de Dinamos	131
Empleo de los Acumuladores en las Distribuciones	136
Centrales de Alumbrado	138
Tracción Eléctrica	144
Notas sobre Electricidad	149
Telegrafía Hertziana sin Alambres	158
V UTILIZACIÓN DEL AGUA COMO FUERZA MOTRIZ	166
VI VAPORES	177
Calderas Ordinarias	178
Calderas Tubulares	179
Construcción y Ventajas de las Calderas B. & W.	184
Las Calderas del Siglo XX	190
VII APLICACIONES DEL AIRE COMPRIMIDO	200
VIII TURBINA	204

TABLA DE MATERIAS

	PÁGS.
IX TRANSPORTE DE LA FUERZA Á DISTANCIA	207
X MINERÍA.	
Historia de la Tierra	212
Minerales y Yacimientos	217
Sondeos	243
Métodos de Explotación	247
XI PUENTES.	
Coeficientes de Resistencia del Material	262
Flexión	268
Determinación de las Fuerzas Moleculares que se desarro- llan en una Sección	271
Cuestiones Generales Relativas al Cálculo de los Puentes Metálicos	275
Determinación de las Cargas en las Viguetas y demás Piezas del Piso	276
Roblado	279
Estudio General de los Arriostramientos	282
Valuación de los Esfuerzos producidos por el Viento	284
Vigas de Celosía de grandes Malla	288
Generalidades acerca de las Vigas de varios Tramos	291
Generalidades acerca de los Proyectos de Puentes	293
Instrucción para la Redacción de Proyectos de Puentes Metálicos	298
XII FERROCARRILES.	
Preliminares	310
Carriles, Bidas, Traviesas y Balasto	311
Pasos á Nivel	314
Cruzamiento de Vías	Ib.
Cambios de Vía	316
Señales	318
Estaciones	319
Adherencia	321
Clasificación de las Locomotoras	323
Formación y Arrastre de un Tren	324
Necesidad del Conocimiento de la Máquina y la Vía para la buena Conducción de un Tren	326
XIII AGRIMENSURA.	
Brújula	329
Nivel de Burbuja de Aire	332
Determinación de la Meridiana con Auxilio del Teodo- lito	335
XIV TOPOGRAFÍA.	
Más sobre Signos Convencionales	340
Elevaciones y Depresiones del Suelo	345
Conjunto de las Operaciones	348
Levantamiento de Planos á Ojo	351
Memorias	352
Descripción Física	354

TABLA DE MATERIAS

	PÁGS.
XV GEOGRAFÍA.	
Descripción de Méjico	356
XVI EL AUTOMÓVIL.	
El Automóvil	364
El Motor	368
La Carburación	374
El Encendido ó Inflamación	377
La Regulación	385
Cambio de Velocidad	387
Precauciones Generales para la buena Conservación de un Coche Automóvil	396
XVII AERONÁUTICAS.	
Generalidades	411
Dirigibles	415
Fundamentos de los Aeroplanos	419
Motores de Aviación	423
Descripción de Algunos Aeroplanos	425
Técnica de la Aviación	427
Forma de las Superficies Sustentadoras	430
Equilibrio del Aeroplano	433
Resumen de las Condiciones que debe reunir un Apa- rato	438
La Hélice Aérea	443
Cálculo del mejor Rendimiento Propulsivo	451
Descripción de Biplanos	456
XVIII SUBMARINOS	462
Clasificación de los Barcos Submarinos Modernos	465
Aparatos para regular la Inmersión, etc.	470
Motores	474
Visión y Orientación	483
Percepción de los Sonidos por un Submarino	488
Navega Totalmente Sumergido	490
Armamento del Submarino	494
XIX LA CAMPAÑA DE SANTIAGO DE CUBA.	
Desembarco del Enemigo	498
Caney	507
Parte del Almirante Cervera sobre la Destrucción de la Flota Española	514
Vocabulario	525



A SPANISH READER

A SPANISH READER

I

FÍSICA*

(A) PÉNDULO

Péndulo: es un cuerpo sólido, móvil alrededor de un eje horizontal fijo, que no pasa por su centro de gravedad.

El péndulo ideal ó *simple* es un hilo rígido, inextensible y sin peso, fijo por un extremo y que lleva en el otro una partícula material sin peso.

Movimiento oscilatorio.—Cuando se desvía la masa pen-

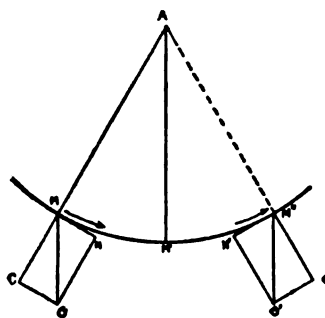


Fig. 1.

desciende hasta aquél con movimiento uniformemente acelerado, lo rebasa en virtud de la velocidad adquirida (*energía actual*) y asciende á igual altura M" con movimiento uniformemente retardado. Así describe un arco que vuelve á ser reproducido en tiempos sucesivos, constituyendo el *movimiento oscilatorio*, cuya causa es la ac-

ción continua de la gravedad. *Oscilación* es el paso de la masa pendular de uno á otro extremo del arco descrito; *amplitud* de la oscilación el valor de este arco M M' M" y *semi-oscilación* la mitad de él, MM' ó M' M".

* Del "Curso Elemental de Física Moderna" por el doctor R. Pedro Marcolain San Juan. Zaragoza, 1900.

Péndulo simple.—Sea M' (Fig. 1) una molécula en equilibrio en la prolongación de un hilo vertical y supongámosla desviada hasta el punto M : aquí la acción de la gravedad, representada por MG , se descompone en dos fuerzas MC y MH ; la primera de éstas, actuando en la dirección del hilo, quedará destruída por la rigidez de éste y por la resistencia del punto A , y la MH , tangente al arco $MM'M''$, determinará el movimiento según esta curva. Este movimiento será acelerado, porque en cada uno de los puntos comprendidos entre M y M' hay una componente tangencial de la gravedad, pero no es *uniforme* la aceleración, porque la componente MH va disminuyendo, á medida que disminuye la distancia entre M y M' , en cuyo último punto se anula, al recobrar el péndulo la dirección vertical. Desde este punto continúa su trayecto en virtud de su energía actual, ó de la velocidad adquirida, sufriendo de parte de la gravedad acciones retardatrices, hasta llegar al punto M'' , simétrico de M .

La energía del móvil se acrecienta por efecto de la gravedad durante el descenso y se transforma en trabajo, mientras se eleva. En las dos posiciones extremas M y M'' el móvil posee energías potenciales de igual valor y ninguna energía actual; pero ésta es el máximo en el punto M' .

Leyes del péndulo.—1.ª *La duración de las oscilaciones es independiente de la naturaleza de la masa pendular.*

2.ª *Para arcos pequeños de dos á tres grados, las oscilaciones son isócronas.*

3.ª *En igualdad de las demás circunstancias, la duración de las oscilaciones está en razón directa de la raíz cuadrada de la longitud del péndulo; de modo que* $t : t' = \sqrt{l} : \sqrt{l'}$

4.ª *Para péndulos de igual longitud, la duración de las oscilaciones está en razón inversa de la raíz cuadrada de la intensidad de la gravedad; es decir que* $t : t' = \sqrt{g'} : \sqrt{g}$
y también $n : n' = \sqrt{g} : \sqrt{g'}$

siendo n y n' los números de oscilaciones.

Fórmula general.—Estas leyes están comprendidas en la fórmula.

$$- \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Comprobación experimental.—La primera ley se cumple, haciendo oscilar esferitas de distintas sustancias, pendientes de hilos iguales.

La 2.^a la descubrió Galileo, viendo oscilar las lámparas de la catedral de Pisa. La 3.^a ley se demuestra disponiendo varios péndulos de las longitudes 1, 4, 9, 16, 25 centímetros y separándolos á la vez. Las duraciones de oscilación serán como los numeros 1, 2, 3, 4, 5; de otro modo, el primer péndulo dará dos oscilaciones, mientras el segundo da una, tres oscilaciones durante una del tercero, cuatro durante una del cuarto y cinco durante una del quinto.

El péndulo *a*, de longitud arbitraria hace una oscilación en un tiempo dado. A los péndulos *b* y *c* se da por tanteo las longitudes que necesitan, para que las oscilaciones de *b* tengan *doble* duración que las de *a*, y las de *c* una duración triple. Mídese entonces las longitudes de los hilos y se halla que la de *b* es cuatro veces mayor que la de *a*, mientras que la de *c* es nueve veces mayor, cuyo resultado comprueba la ley.

Péndulo de segundos.—Se llama así al que emplea un segundo de tiempo en cada oscilación.

La *determinación de su longitud* tiene importancia, para medir el tiempo y, además, para precisar la intensidad de la gravedad. Se realiza mediante él.

Péndulo reversible de Kater.—Este aparato se funda en el *principio de reversibilidad* siguiente: «*el centro de oscilación y el de suspensión de todo péndulo compuesto son recíprocos*»; de modo que, invirtiéndolo, esto es, suspendiéndolo por el primitivo centro de oscilación, no varía la duración de las oscilaciones.

Centro de oscilación es una sección intermedia del péndulo, en la que se destruyen las aceleraciones de los puntos próximos

al de suspensión y las acciones retardatrices de los más distantes.

La longitud del péndulo simple, ó del compuesto que como él oscila, es la distancia entre el punto de suspensión y el centro de oscilación.

Para invertir el péndulo de Kater, lleva éste dos cuchillos cuyas aristas descansan en una placa de ágata, una lenteja fija, una masa movable directamente á mano, otra que lo es mediante un tornillo, y una escala, que mide las pequeñas desviaciones de esta última.

Aplicaciones del péndulo.—1.^a Para determinar la intensidad de la gravedad.

2.^a Para demostrar el movimiento de rotación de la tierra.

3.^a Como regulador de los relojes.

Determinación de la intensidad de la gravedad.—Basta conocer la longitud del péndulo de segundos; puesto que, haciendo $t = 1''$ en la fórmula general, elevando sus dos miembros al cuadrado y despejando γ resulta,

$$\gamma = \pi^2 l;$$

de modo que la *intensidad de la gravedad es igual á la longitud del péndulo de segundos, multiplicada por el cuadrado de π .*

Obsérvese que, siendo conocida γ por otros medios, puede hallarse ó comprobarse el valor de l .

Demonstración experimental del movimiento de rotación de la tierra.—Lo hizo por vez primera Mr. Foucault en la Sorbona y la hemos visto realizar en la Facultad de Ciencias de Madrid.

a. Se funda en la *invariabilidad del plano de oscilación* del péndulo. Este principio se demuestra previamente de modo sencillo con un *aparato*, que construye la casa de Salleron, de Paris. Consiste, en un bastidor montado sobre un platillo horizontal, de limbo graduado, al que se imprime un movimiento de rotación mediante una rueda dentada, que engrana con un piñón movido por una manivela. En la

parte superior del bastidor se fija el hilo de un péndulo, terminado en esfera y aguja. Si, mientras oscila éste, se imprime suave movimiento de rotación al zócalo, se observará que no varía el plano de oscilación y que la aguja pasa por todas las divisiones.

b. Experimento de Foucault.—Admitida la invariabilidad del plano de oscilación del péndulo, se dispone en el elevado techo de una sala una armadura metálica, donde se sujeta un alambre, del cual pende una esfera pesada, que termina en punta ó índice sobre el centro de un círculo graduado, dispuesto, sobre una mesa.

Se párase el péndulo, sujetándolo al muro inmediato por un hilo de seda, al cual se da fuego con una cerilla, cuando se quiere iniciar el movimiento pendular.

Obsérvase bien pronto que la dirección del péndulo varía y que al cabo de 3 horas la variación es de 45° , á las 6^h de 90° , á las 12^h de 180° y á las 18^h de 270° , volviendo á su punto de partida después de un día completo.

Empleo del péndulo como regulador de los relojes.—Aplicado por Huyghens en 1617, fúndase en el isocronismo de las oscilaciones. El motor de los relojes, que es un peso ó un resorte, hace girar un cilindro que, por intermedio de una serie de ruedas dentadas, manda las agujas del tiempo. Para regular el desarrollo del resorte ó el descenso del peso, que tienden á ser acelerados, se fija en el último árbol del reloj, una *rueda de encuentro* R, ó *rueda de escape*, y detrás de ella un péndulo, cuya varilla lleva adherida una *áncora* A. Los extremos de ésta están doblados y dispuestos de tal modo, que alternativamente vengán á apoyarse en cada uno de ellos los dientes de la rueda. Con tal disposición solo pasa un diente de ésta por cada oscilación del péndulo ó del balancín y se mantiene el movimiento de éste y la igualdad de amplitud de oscilación, mediante los impulsos que á cada paso reciben del rodaje.

Trabajos mecánicos de la gravedad.—En el párrafo 205

dejamos apuntado que entre los efectos de esta fuerza, deben citarse sus trabajos mecánicos. Entre éstos hay que contar los efectuados

a. en la *caída de los graves* y en el *movimiento oscilatorio del péndulo*, que hemos estudiado prescindiendo de la masa y que son verdaderos trabajos mecánicos;

b. por las *pesas* de un reloj ó de otro mecanismo de los llamados de relojería;

c. por los *aludes*, moles de piedra y nieve que, desprendidas de las montañas, derriban cuanto encuentran á su paso;

d. por los *saltos de agua*, que representan una energía mecánica, hija de la gravedad y capaz de producir á su vez un trabajo mecánico;

e. por los *torrentes, arroyos y ríos*, que transportan enorme cantidad de agua desde largas distancias.

A los cuales puede añadirse la mitad del trabajo que ejecutan las *olas del mar*, atribuyendo la otra mitad al viento, que reconoce por causa el calor.

Y por fin, los trabajos que el hombre realiza, utilizando las energías desarrolladas por la gravedad en *molinos, batanes* y otros mecanismos.

(B) RADIOLOGÍA

ARTICULO PRELIMINAR

Radiología es el tratado de las radiaciones.

Radiaciones son los movimientos ondulatorios de una materia hipotética, muy sutil y elástica, el *éter*, que, existiendo en todos los espacios, recoge y transmite las vibraciones rapidísimas de la materia ponderable, capaces de impresionar la vista y el tacto.

Clasificación.—Las radiaciones pueden ser: 1.º *de onda larga*, que dan origen al *calor obscuro*, y 2.º *de onda corta*, productoras de *luz* y de invisibles rayos químicos.

La descomposición de la luz solar á través de un prisma óptico

(véase más adelante), ha descubierto la existencia de radiaciones térmicas, luminosas y químicas, denominadas respectivamente *ultrarrojas*, *visibles* y *ultravioladas*.

Efectos generales.—Sábese por experiencia que los rayos del sol alumbran y calientan todos los objetos y activan la vida de todos los seres.

Las emisiones solares llevan además actividad química á las plantas, desarrollando en ellas una indefinida gama de colores y una inmensa serie de sustancias orgánicas.

Orígenes de las radiaciones.—Pueden clasificarse en naturales, mecánicos, térmicos, eléctricos, por cambios de estado y fisiológicos.

Orígenes naturales: el sol, la tierra, los demás planetas y las estrellas; pero el sol es el que más importancia tiene para nosotros.

Orígenes mecánicos: la fricción, la percusión, la presión, la flexión, la torsión. . . . dan origen al *calor* y muchas veces á éste y á la *luz*.

a. Sabido es que, frotando un botón metálico, se calienta hasta el punto de no poderse sufrir su contacto.

b. Una lámina metálica, que se dobla varias veces, un alambre, que se retuerce para romperlo, y una bala ó una moneda, sometidas á la acción del martillo, se calientan de manera ostensible.

c. El *rozamiento* de los ejes de los carruajes, cuando no están bien engrasados, da lugar á la combustión (calor y luz).

d. La *compresión* de los gases en el eslabón neumático que es un tubo de paredes resistentes, en que se introduce un pistón muy ajustado, produce la inflamación de un trozo de yesca (calor y luz).

e. La *condensación* de los gases deja también en libertad parte de su energía en forma de calor; así sucede en el aparato denominado *eslabón de hidrógeno*, en que este gas, condensándose en el musgo de platino, lo hace incandescente y se inflama.

A la misma causa debe atribuirse el calor producido por los líquidos en contacto con el carbón poroso; su demostración se practica en el *aparato de Melsens*.

Sobre un zócalo de madera se dispone un vaso de vidrio, envuelto por sustancias aisladoras, dentro del cual se suspende una probeta, que contiene carbón poroso, y da entrada á un tubo embudado y á un termómetro; se añade por el embudo el líquido que se ensaya y el termómetro acusa la elevación de temperatura.

f. La *percusión* del pedernal con un eslabón de acero produce chispas de fuego, que representan la combustión de partículas de acero (producción de calor y luz).

g. *Frotando* dos trozos de madera seca y dura encienden fuego los salvajes.

Siempre que se opone al movimiento una resistencia pasiva, se produce calor, de tal modo que la cantidad de éste, originada en tales condiciones, es proporcional á la cantidad de fuerza perdida, siendo posible determinar la relación de equivalencia entre el calor producido y el trabajo gastado.

Orígenes térmicos.—El calor puede originar la luz; tal sucede con una esfera metálica, que por elevación de su temperatura se hace incandescente.

El calor obscuro, concentrado por un espejo cóncavo ó por una lente convexa sobre una lámina de platino, hace á ésta incandescente.

Orígenes eléctricos: el calor y la luz pueden producirse aislada ó simultáneamente por procedimientos eléctricos ó electromagnéticos.

Los hornos eléctricos y la luz de arco voltaico ó de incandescencia por electricidad son ejemplos muy notables, de que se tratará en la *Electrología*.

Cambios de estado físico: los regresivos dan origen al calor; tales son la liquefacción de vapores, la condensación de gases y la solidificación de los líquidos.

Así se observa en la destilación, cuyos vapores abandonan mucho calor al agua del refrigerante; tal sucede en el eslabor de hidrógeno, ya citado, y lo mismo ocurre en lo países fríos, cuando la temperatura de un ambiente crudo se cambia en apacible y suave, al comenzar á nevar.

Cambios de estado químico. a.—En muchas combinaciones *exotérmicas* se producen á la vez el calor y la luz; ejemplo la combustión del carbón, del hierro, del zinc... en el oxígeno puro.

b. En la descomposición de moléculas *endotérmicas* la energía acumulada queda libre en forma de calor y luz. Ejemplos: la explosión de cloratos, nitratos y permanganatos; la de varias sustancias orgánicas nitradas, como el algodón-pólvora y la nitroglicerina.

Combustión: es la combinación rápida de los cuerpos con producción de calor y luz.

Comburentes principales: el oxígeno, el cloro, el fluor, el arsénico. . . que tienen tendencia á combinarse vivamente con muchos cuerpos, produciendo calor y luz.

Combustibles son cuerpos, que tienen gran afinidad con el oxígeno y con los otros comburentes; tales son el carbono, hidrógeno, hidrocarburos, potasio, sodio, magnesio, hierro, etc.

Potencia calorífica de un combustible; se mide por el número de calorías, que produce un kilogramo del mismo, quemado en presencia del oxígeno.

Orígenes fisiológicos del calor y de la luz.—En los animales y en los vegetales se produce calor, al efectuarse sus funciones fisiológicas, como resultado de actos mecánicos y químicos.

En un paisaje nevado obsérvase la fusión de la nieve primero sobre los vegetales y en torno de los troncos de los árboles.

Hipótesis.—El calor y la luz han sido considerados como dos materias sutilísimas, propias de los cuerpos calientes ó

luminosos y dotadas de la facultad de atravesar el espacio y materia ponderable: tal es la *hipótesis de la emisión*.

La Física moderna considera el calor y la luz, como movimientos vibratorios rapidísimos de la materia ponderable y del *éter*: tal es la *teoría de las vibraciones*.

La primera hipótesis no puede sostenerse ante los resultados de la experiencia, la cual demuestra que no aumenta el peso de ningún cuerpo, por mucho que se acreciente su temperatura ó su iluminación. Y por otra parte es incapaz de explicar satisfactoriamente, como lo hace la teoría de las vibraciones, varios é interesantes hechos físicos, tales como las interferencias y la polarización.

Además el movimiento puede transformarse en calor y luz y viceversa, de tal modo que, cuando se dispone de una de estas energías, puede tenerse á voluntad fuerza mecánica, calor ó luz, en cantidad proporcional á la energía transformada.

Identidad substancial del calor y de la luz.—*Las radiaciones térmicas, luminosas y químicas son ondulaciones etéreas* y, por tanto, modos de movimiento de una misma substancia, análogos á los estudiados á propósito de las vibraciones sonoras.

La *identidad substancial* del calor y de la luz se demostrará, haciendo ver que ambos agentes sufren en condiciones idénticas la reflexión, la refracción y birrefracción la polarización y despolarización, así como la magnetización.

(C) VIBRACIONES SONORAS

MOVIMIENTO VIBRATORIO Y ONDULATORIO

Acústica ó fonología: estudia el sonido, sus cualidades y sus leyes, considerándolo como una transformación de movimiento.

Sonido: es el estado de vibración, transmitido por el am-

biente desde un cuerpo elástico y capaz de afectar á nuestros oídos.

Movimiento vibratorio: es el estado mecánico de un cuerpo que, en virtud de su elasticidad, describe arcos isócronos á uno y otro lado de su posición normal.

Vibraciones son los arcos descriptos por el cuerpo vibrante, y *amplitud de vibración* el valor del arco recorrido.

Si se sujeta por uno de sus extremos una hoja delgada de acero y, apoyando sobre el otro, se la separa un instante de su posición, la recobrará y rebasará varias veces en virtud de su elasticidad, oscilando como la masa de un péndulo.

Caracteres de las vibraciones: éstas se distinguen por su rapidez y por su amplitud. La rapidez representa el número de vibraciones por segundo; la amplitud de vibración es el espacio comprendido entre dos posiciones extremas de una misma molécula vibrante.

La sonoridad, la termicidad y la luminosidad de los cuerpos son funciones de la rapidez y la amplitud del movimiento vibratorio.

Leyes. 1.^a—*Cualquiera que sea la amplitud, permanece constante la duración de las vibraciones en un mismo cuerpo.*

2.^a *La velocidad de la vibración está en razón directa de la raíz cuadrada de la elasticidad y en razón inversa de la raíz cuadrada de la densidad; de modo que*

$$v = \sqrt{\frac{e}{d}}, \text{ ó } v^2 = \frac{e}{d}$$

Movimiento ondulatorio: es la comunicación gradual del movimiento vibratorio de un cuerpo elástico á todos los puntos del mismo y al ambiente que lo envuelve.

Formación de las ondas.—Consideremos una fila de moléculas de aire desde un extremo D de una varilla elástica hasta nuestro oído (Fig. 2). Si desviamos la varilla de su posición de equilibrio hasta D' y la dejamos libre, volverá á D, pasará hasta D'', retrocederá por D hasta D' y, en fin, recorrerá muchas veces el arco D' D D'' en los dos sentidos, en virtud de

su elasticidad y de modo semejante al movimiento del péndulo, que la gravedad mantiene.



Ahora bien: las moléculas de aire en contacto con D experimentan una serie alternativa de compresiones y de dilataciones, ó lo que es lo mismo, *vibran* como las de la varilla y sus vibraciones se propagan á todas las de la fila, constituyendo *ondas longitudinales*.

Mecanismo de la ondulación.—Dada una fila de moléculas, la vibración de la primera se transmite á todas las demás, determinando 1.º una zona comprimida, que se llama *semi-onda condensada*, y comprende cierto número de moléculas, desviadas hacia el mismo lado y á distancia diferente con relación á su posición

Fig. 2. normal, y 2.º una zona dilatada, que se dice *semi-onda enrarecida* y abarca, en pos de la molécula, vibrante, cierto número de ellas simétricamente opuestas á las anteriores.

La onda completa ú *ondulación* es igual á la suma de las dos semiondas, condensada y enrarecida.

Leyes del movimiento ondulatorio.—1.ª La *vibración y la ondulación son isócronas* de tal modo que, mientras una molécula ejecuta una vibración, se verifica también una ondulación.

2.ª La *velocidad de propagación del movimiento vibratorio es constante en cada substancia*.

3.ª Las *ondas se propagan con velocidad uniforme*; de modo que, siendo l la longitud de onda y t su duración, re-

sulta.

$$v = \frac{l}{t}.$$

Longitud de onda: es la distancia más pequeña entre dos moléculas, que se hallan en igual fase de vibración.

Si se considera el movimiento ondulatorio en la superficie de una masa líquida, la semi-onda comprimida estará representada por una *elevación* ó *cresta* y la semi-onda dilatada por una *depresión* ó *seno*; en este caso la longitud de onda es

la distancia entre los vértices de dos crestas ó de dos senos inmediatos.

Si se representa por n el número de vibraciones por segundo, por l la longitud de onda y por v la velocidad del movimiento ondulatorio, tendremos:

$$nl = v.$$

SONORIDAD Y CUALIDADES DEL SONIDO

Sonoridad: es la aptitud para producir sonidos.

Las vibraciones se hacen sonoras, cuando alcanzan cierto grado de rapidez, cuyo límite inferior es, según Despretz, 32 vibraciones sencillas por segundo y cuyo límite superior es de unas 72 mil para el oído humano.

Visibilidad de las vibraciones.—a. En una placa metálica, sujeta por el centro y espolvoreada con arena fina, se hacen visibles las vibraciones, frotando sus bordes con un arco de violín; pues, á la vez que se produce el sonido, es lanzada la arena de los puntos de mayor vibración, denominados *vientres*, y se acumula en otros, que están en equilibrio y forman *líneas nodales*, constitutivas de formas geométricas.

b. En una columna de aire sonora, como la de un tubo acústico se hacen ver las vibraciones, vertiendo un poco de arena sobre una membrana ligera, sujeta á un aro que se suspende en el interior del mismo.

c. En las cuerdas tensas de un arpa ó de una guitarra se hacen visibles al pulsarlas; pues aparecen hinchadas en ciertos puntos, á la vez que se produce el sonido.

d. En una campana de vidrio se pantentizan, frotando sus bordes con un arco de violín y echando en el interior ó acercando á sus paredes una esferita ligera, suspendida de un hilo, la cual verificará infinidad de pequeños saltos, mientras dure el movimiento vibratorio de la campana.

Clasificación de los sonidos.—Las vibraciones sonoras

de poca rapidez determinan sonidos *graves* ó bajos, y las más rápidas sonidos *agudos* ó altos.

Las de pequeña amplitud producen sonidos *débiles* y las de mayor amplitud sonidos fuertes ó *intensos*.

Ya se verá en su lugar la equiparidad existente entre las vibraciones sonoras de una parte, y las térmicas y luminosas de otra.

Orígenes del sonido: pueden ser *mecánicos*, como la fricción, flexión y percusión en las cuerdas; fricción y percusión en las campanas y compresión del aire en los tubos acústicos: *térmicos*, como las dilataciones bruscas del plomo en contacto con un semicilindro de cobre ó con una pala de hierro á 100° centígrados (experiencias de Travyan y de Tyndall); *electromagnéticos*, como las variaciones rápidas de magnetismo, que se utilizan en la *electro-acústica*; *termoquímicos*, como las explosiones, etc., etc.

Necesidad de la materia.—La producción del sonido y su propagación exigen la presencia de la materia.

Si se colocan, convenientemente aislados dentro de una campana, en que se hace el vacío, un timbre en actividad ó una campanilla, que puede ser agitada, no se oye ningún sonido, hasta que no se hace penetrar el aire ú otro gas.

Cualidades del sonido: son la *intensidad*, el *tono* y el *timbre*.

Depende la *intensidad* de la amplitud de las vibraciones; el *tono* del número de éstas por segundo, y el *timbre* de la naturaleza y forma del cuerpo sonoro.

Estas últimas condiciones dan origen á otros *sonidos*, llamados *armónicos*, distintos en número y calidad, que acompañan al sonido fundamental, dado por el cuerpo, y constituyen su timbre.

Leyes de la intensidad del sonido: 1.^a *Está en razón inversa del cuadrado de la distancia al cuerpo sonoro.*

2.^a *Es proporcional á la densidad del medio, en que se propaga, y depende del estado mecánico de este último.*

De modo que el sonido producido á una distancia de diez

metros de su origen será *cien veces menos intenso á un metro.*

La experiencia comprueba también que en el hidrógeno y en los gases enrarecidos disminuye la intensidad de los sonidos y que se oye mejor en la dirección del viento, que en sentido contrario.

(D) EQUIVALENTE MECÁNICO DE LA CALORÍA

Teoría mecánica del calor.—*Transformación de la energía.* Hemos estudiado brevemente los orígenes del calor y entre ellos los procedimientos mecánicos, párr. 556.

a. Hemos considerado la *energía*, como la aptitud para producir un trabajo mecánico. Esta energía puede ser *actual*, como la de un proyectil lanzado por un arma de fuego; pues en el momento que encuentre un obstáculo, lo atravesará ó romperá (*trabajo mecánico*) y puede ser *potencial*, como la de un peso suspendido á cierta altura, puesto que, dejándolo caer, podrá también efectuar un trabajo; así ocurre en el movimiento del mecanismo de los relojes de pesas.

b. A la caída de una esfera de marfil sobre un plano de mármol sigue su elevación á igual altura en virtud de su elasticidad, de modo que la energía no desaparece; pero, si se deja caer una esfera blanda, la energía del movimiento de ésta desaparece y no se encuentra, ni como energía actual, ni como energía potencial. En este último caso, obsérvese que el cuerpo blando se ha calentado y que *el calor producido es una transformación del movimiento destruido.*

Cuando se detiene bruscamente un cuerpo en movimiento, cuando experimenta rozamientos y, en general, siempre que desaparece la energía de un sistema en movimiento, es porque se transforma en energía calorífica.

c. Recíprocamente, *en muchos casos desaparece el calor, dando lugar á la producción de un trabajo mecánico.* 1.º Cuando se abre un depósito de gas comprimido, la salida del gas rechaza delante de sí el aire atmosférico, efectuando un

trabajo, y obsérvase entonces un gran enfriamiento, proporcional á la tensión del gas. 2.º Cuando se calienta á *gran presión* el agua en la marmita de Papin y se abre bruscamente la válvula, se enfría de tal modo el chorro de vapor, que no hay riesgo en poner en él la mano, pues más bien se siente una impresión de frío. De este hecho se ha aprovechado M. Cailletet para la liquefacción de todos los gases. 3.º Abriendo una botella de Champagne ó de Seltz, se efectúa un trabajo por el gas á expensas de su propio calor y el resultado es enfriar el recipiente.

De aquí resulta que *el calor y el trabajo mecánico son dos cantidades equivalentes*, susceptibles de sustituirse entre sí y de transformarse una en otra.

d. *El calor orgánico*. Si bien tiene por principal causa las combinaciones químicas, que se producen en los tejidos orgánicos y cuya actividad aumenta durante la contracción de los músculos, ha de considerarse una buena parte de este calor, como transformación del trabajo mecánico en energía calorífica.

Equivalente mecánico de la caloría.—Es un número, que expresa lo que vale el calor, transformado en trabajo. Una unidad de calor equivale á 425 unidades de trabajo.

Una caloría = 425 kilográmetros expresa que: con el calor, que eleva 1º c. la temperatura de 1 kgr. de agua, se puede producir un trabajo, equivalente al que se realiza, elevando 425 kgrs. á 1 metro de altura, 42,5* kgrs. á 10 metros ó 4,25 kgrs. á 100 metros.

Determinación experimental del equivalente mecánico del calor.—Se ha realizado de muchas maneras. La más sencilla quizá, debida á Joule, consiste en medir en calorías el calor cedido al agua de un recipiente, dentro del cual se mueven unas paletas, y en apreciar el trabajo de éstas por el camino

* The reader will notice that the comma is used instead of the point, to mark decimals. Sometimes a single quotation mark is used thus 4'25=4.25.

de un peso conocido, que descende al lado de una regla, dividida en metros y fracciones de esta unidad.

Al efecto, las paletas destinadas á golpear el agua van fijas en un eje vertical, que se hace girar con un manubrio y que enrolla ó desenrolla una cuerda, la cual pasa por una polea directriz y sostiene un peso. Un termómetro, dispuesto en el recipiente calormétrico, marca la temperatura inicial y final del agua.

Se halla el trabajo mecánico, multiplicando la altura de caída por el valor del peso en kilogramos y se divide el producto por el número de calorías absorbidas por el agua. Recíprocamente, el *equivalente calorífico de un kilográmetro* es

$$\frac{1}{425} = 0'002353$$

Procedimiento teórico.—Mayer ha encontrado por el cálculo que una caloría equivale á 425 kilográmetros.

El calor específico C del aire á *presión constante* es mayor que el calor específico del mismo gas á *volumen constante*. Efectivamente, si elevamos un grado la temperatura de un gramo de aire, *sin permitirle aumentar de volumen*, la cantidad de calor absorbido será *c*; pero, como su tensión ha crecido, *si le dejamos dilatarse*, para recuperar su primitiva tensión, efectuará un trabajo mecánico, para el cual absorberá otra nueva cantidad de calor. Luego el calor específico del aire á presión constante C, será igual al calor específico á volumen constante *c*+ Σ , designando por Σ el calor absorbido en el trabajo de dilatación.

Si se determina, de una parte, el valor del trabajo de dilatación en kilográmetros y, de otra, las calorías absorbidas en esta dilatación, dividiendo kilográmetros por calorías, tendremos el valor de una caloría en kilográmetros, ó sea, el *equivalente mecánico* de la caloría.

Trabajo de dilatación del aire por un grado de temperatura. Es igual al producto del aumento de volumen por la presión exterior; ésta es el valor de una atmósfera y equivale á 10333

kilógramos sobre metro cuadrado. Hallemos primero el volumen normal de un kilógramo de aire y después su aumento por un grado de temperatura.

Puesto que un litro de aire normal pesa 1, ^{er} 2932, ó lo que es lo mismo, puesto que 0, ^{ker}001293 de aire normal ocupan 0, m^o001, tendremos.

$$\frac{0, \text{ker}001293}{0,001} = \frac{1}{x} \quad x = 0, \text{m}^3 7784,$$

volumen normal de un kilógramo de aire.

Aumentando un grado su temperatura, este volumen ganará

$$\frac{1}{273} \text{ y será por tanto igual á } \frac{0, \text{m}^3 7784}{273}$$

Multiplicando esta cantidad por el valor de la presión atmosférica sobre metro cuadrado, tendremos $\frac{0'7784}{273} \times 10333 = 29'27$ kilográmetros, valor del calor absorbido en la dilatación de un kilógramo de aire por un grado centígrado de temperatura.

El calor específico del aire á *presión constante* es 0'2375;
el calor específico á *volumen constante* es.....0'1685;

luego su diferencia será.....0'069 , que expresa el *calor absorbido* Σ en el trabajo de dilatación.

Dividiendo pues, 29'27 por 0'069, el cuociente 424'2 Kilo-grámetros será el valor de una caloría. ,

Introduciendo en el cálculo $\frac{11}{3000}$ en vez de $\frac{1}{273}$, se obtiene para equivalente mecánico de la caloría 425 kilográmetros.

(E) ESPECTROSCOPÍA

Clasificación de los espectros. De 1.^{er} orden: son producidos por cuerpos sólidos ó líquidos incandescentes, son *continuos*, es decir, no presentan ninguna raya obscura, ni

brillante, y ofrecen todos los matices, que forman el tránsito de un color á otro.

De 2.º orden: producidos por gases ó vapores incandescentes, ofrecen sobre fondo negro *rayas luminosas* coloreadas. Se pueden observar, mirando á través de un prisma una hendidura, iluminada por la llama de un mechero de gas, de poco brillo, en la cual se introduce una sal metálica, ó por la luz de los tubos de Geissler, cada uno de los cuales contiene un gas diferente, enrarecido.

De 3.ª orden: son espectros producidos por el sol y las estrellas, es decir, por cuerpos luminosos, envueltos en una atmósfera luminosa. A primera vista continuos, ofrecen multitud de *rayas oscuras*, que son paralelas á la arista del prisma empleado.

Rayas del espectro.—En el espectro solar se han observado más de seis mil rayas; las principales se expresan con una letra del alfabeto y son: la doble raya B en el rojo; la C entre el anaranjado y el rojo; la D, una doble raya amarilla en el límite del amarillo y del anaranjado; la E, un grupo en el verde; la F entre el verde y el azul; las rayas G entre el azul y el violeta y, por último, dos grupos H en el mismo violeta.

Causa de las rayas oscuras del espectro.—*Experiencia de Brewster.* Consiste en producir ciertos vapores en el camino de un haz de rayos solares y recojer éstos sobre un prisma. Observando el espectro, se ven nuevas rayas oscuras, lo cual demuestra que *los vapores tienen la facultad de absorber ciertas radiaciones*, á semejanza de lo que hacen los vidrios de color. M. Kirchhoff ha evidenciado que las rayas del espectro solar y, en general, de los de tercer orden, son efectos de absorción, producida por materias gaseosas.

Igualdad de los poderes absorbente y emisor de los cuerpos.—a. Si en una lámpara de gas, de poco brillo, se introduce sal común y recibimos su luz á través de un prisma, podremos ver su espectro de 2.º orden, constituido por dos

rayas amarillas, originadas por el vapor incandescente de sodio.

b. Si, dado el espectro continuo de un cuerpo sólido incandescente, como el platino fundido, interponemos en el camino del haz luminoso los vapores de sodio, veremos aparecer en el espectro dos rayas oscuras, precisamente en el sitio, que ocupaban las rayas amarillas del vapor de sodio incandescente.

Inversión de la raya amarilla del sodio.—a. Introduciendo en la llama oscura de un mechero Bunsen una cucharilla con un trozo de sodio, éste se funde, arde y colora la llama de amarillo vivo, dando al través de un prisma una *banda amarilla* sobre fondo negro (*espectro de 2.º orden*).

b. Enviando la luz una linterna eléctrica al través de una lente y de un prisma, se obtiene sobre una pantalla un espectro *continuo* muy brillante (*espectro de 1.º orden*).

c. Si se interpone en el trayecto de la luz de la linterna eléctrica la llama de un mechero Bunsen y dentro de ella una cucharilla con un trozo de sodio, aparecerá en el espectro *una raya negra* D. Basta retirar la cucharilla, para que desaparezca esta raya, la cual se presentará, cuantas veces se queme el sodio en la llama del mechero.

Significación de las rayas del espectro solar.—Según el párrafo anterior, la parte sólida y líquida del sol, capaz de producir un espectro continuo, emite todas las radiaciones posibles, pero muchas de éstas son absorbidas por vapores de las mismas materias, que las han dado origen.

De aquí la posibilidad de conocer la naturaleza de los gases, que se encuentran en el sol y en las estrellas, ó sea el *análisis espectral estelar*.

HISTORIA

Las rayas y el método espectroscópico.—a. Newton, que descompuso la luz en 1669, no tuvo conocimiento de las rayas del espectro.—Wollaston en 1802 vió cuatro rays.—Fraun-

hofer en 1814 descubrió 600 entre A y H, que clasificó y dibujó.—Brewster señaló posteriormente 2.000 y Kirchhoff reprodujo en un mapa más de 3.000.—John Herschell vió en las rayas de los gases un medio de análisis de las substancias en combustión.—Foucault en 1849 enunció el principio de la inversión del espectro.—Bunsen y Kirchhoff en 1855 fundaron el método espectroscópico, demostrando que las rayas brillantes de cada metal no se modifican, cualquiera que sea la llama, su temperatura y la combinación, de que el metal forma parte. Al espectroscopio construído por Swan en 1847, siguió el de estos sabios, provisto de colimador, de escala, para determinar la posición de las rayas, y de prisma comparador, para estudiar los espectros en relación con el solar.

b. *Metales nuevos.* A Bunsen y Kirchhoff se deben los primeros mapas espectrales de los metales alcalinos y el descubrimiento del *rubidio* y del *cesio* en 1859.—El *talio* fué descubierto por Crookes en 1861 y aislado al estado de pureza por el Profesor Lamy.—El *indio* lo fué por Reich y Richter en 1863 y el *galio* en 1875 por Lecoq.

c. *Espectroscopía sideral. Prisma de visión directa:* lo inventó Amici en 1860 y lo empleó en un espectroscopio, que perfeccionó Jansen, para estudiar en 1864 las rayas telúricas sobre las orillas del lago de Ginebra, en 1868 las protuberancias solares en la India y en 1870 las rayas de la atmósfera de los planetas Venus, Marte, Júpiter y Saturno.—El *hidrógeno* en la atmósfera del sol fué descubierto por el P. A. Secchi en 1870.—Los espectros de las estrellas fijas, de las nebulosas y de los cometas han sido estudiados por Huggins desde 1866, las protuberancias solares por Zollner, los espectros de los relámpagos por Kundt y los de las auróras polares por Struve en 1868.—Los espectros de los gases han sido estudiados por Plüker en los tubos de su nombre, construídos por Geissler. “Comprimiendo los gases á muchas atmósferas, se juntan las rayas y forman un espectro continuo,” según Lockyer y otros sabios.

El espectro ultraviolado se estudia: 1.º en su fotografía, y

2.° por la fluorescencia. M. Luis Soret tuvo la idea de observar sobre el *Pic-du-Midi* (Valais), rayos invisibles por medio de la fluorescencia, que provocan. Mr. Cornu mostró la influencia, que en la longitud del espectro ultraviolado ejerce la absorción atmosférica, estudiando las rayas telúricas, separadas de las solares. Las rayas telúricas son bandas de absorción, que se resuelven en rayas finas.—Rowland ha hecho recientemente fotografías del espectro solar, muy notables.

d. *Fosforescencia*. Fué observada en 1604 en el fósforo de Bolonia, que es un sulfuro de bario.—M. Ed. Becquerel distinguió en el espectro: 1.° que los efectos de fosforescencia sobre los sulfuros alcalino-térreos se extienden desde el añil hasta mucho más allá del violeta; 2.° que su máximo corresponde á los rayos violados y ultraviolados, y 3.° que la luz emitida por los cuerpos fosforescentes corresponde á rayos de menor refrangibilidad, que la de la luz, á que deben su fosforescencia. En su fosforoscopio se muestran los efectos de la fosforescencia y los de la fluorescencia.

e. *Ley de la fluorescencia*. Stokes la enunció así: “Los rayos más refrangibles determinan por absorción radiaciones menos refrangibles.”—M. Ed. Becquerel descubrió que los rayos infra-rojos anulan la fluorescencia producida por rayos violados y ultraviolados y H. Becquerel utiliza este principio en la construcción de un espectroscopio, para reconocer rayas, líneas y bandas invisibles en esta parte del espectro solar y de los espectros metálicos.

Análisis espectral.—Fundado en los trabajos de Bunsen y Kirchhoff, se aplica á las investigaciones químicas con auxilio del *espectroscopio*. Este aparato consiste esencialmente en un prisma, á cuyo través se hace pasar la luz, originada por la substancia incandescente que se estudia, y en una lente asociada al prisma, para obtener un espectro muy puro. La naturaleza de la substancia se deduce de la del espectro y de la posición de las rayas. Dan espectros de segundo orden los vapores

incandescentes de los cuerpos simples y muchos ofrecen rayas características, que se manifiestan en sus compuestos.

Las sales de *potasio* dan un espectro poco intenso, caracterizado por dos rayas brillantes, situadas una en el rojo y otra en el violado.—Las de *sodio* dan en la llama un espectro oscuro con una banda amarilla, que se corresponde con la raya oscura D del espectro solar.—Las sales de *litio* dan dos rayas entre C y D, una amarilla débil y otra de un rojo vivo.—Las disoluciones de *estroncio* dan grupos de rayas brillantes en el amarillo y anaranjado y una en el azul, muy notable y característica.—Las de *calcio* dan rayas brillantes en el anaranjado y en el verde y además una en el azul.—Las disoluciones de *bario* dan un espectro complejo con dos franjas verdes características.

Metales nuevos. El *rubidio* da dos bandas rojas en el extremo del espectro; el *cesio* dos hermosas rayas azules; el *indio*, descubierto por Reechs, una azul y otra violeta; el *talio* una sola raya verde y el *galio* dos rayas violadas.

Espectros complicados. Varios metales, como el hierro, dan espectros con muchísimas rayas brillantes.

Análisis espectral estelar.—Queda dicho que el sol y las estrellas dan espectros de tercer orden, y que las rayas oscuras de éstos son debidas á un efecto de absorción por los vapores y gases incandescentes del astro. Si concebimos la *inversión del espectro*, esto es, que la parte luminosa se vuelva oscura y que se iluminen sus rayas, tendremos un espectro de segundo orden, constituido por la superposición de espectros de vapores incandescentes, en número igual al de sustancias gaseosas mezcladas. Así se ha reconocido que en el sol existen muchos cuerpos de los que forman la tierra y que faltan algunos, como el litio, el aluminio, el zinc y el cobre. De aquí resulta una gran analogía de constitución entre las estrellas y la tierra.

La presencia de unos cuerpos en la atmósfera de los astros y la ausencia de otros pueden servir, para apreciar los períodos de su desenvolvimiento.

Espectroscopio.—Consta de: *un colimador* fijo, tubo de latón, interiormente ennegrecido para evitar los efectos de la luz difusa, provisto de una hendidura vertical estrecha, situada en el plano focal de una lente acromática al extremo del tubo, para dar un haz paralelo sobre

un prisma, dispuesto encima de una platina de modo que su arista refringente sea paralela á la hendidura y esté en la posición de la desviación mínima;

un anteojo astronómico, móvil en derredor del centro de la platina y cuyo objetivo recibe los rayos, que salen del prisma y forman una imagen real del espectro, la cual se examina con el ocular; y

un micrómetro, esto es, otro colimador, en cuyo foco se sitúa una escala graduada, reducida y muy fina, que se ilumina con una bujía y da por reflexión sobre una cara del prisma su propia imagen, dentro del anteojo y en coincidencia con el espectro.

II

QUÍMICA*

(A) NOMENCLATURA QUÍMICA

La necesidad de dar á la química un lenguaje técnico, sencillo y especial, con el fin de simplificar en mucho el conocimiento de esta ciencia, hizo que Guyton-Morveau, Lavoisier, Berthollet y Fourcroy dieran al mundo científico las bases de la nomenclatura racional, universalmente aceptada aun hoy día, si bien con ligeras modificaciones.

Nomenclatura de los cuerpos simples.—Los cuerpos simples se indican sólo con una palabra, que unas veces viene á expresar algunas de sus propiedades; tal ocurre con el *bromo*, palabra derivada del griego que indica mal olor, y con el *yodo*, que en el mismo idioma significa violeta. Otras veces expresa la nación donde por primera vez se ha descubierto, como galio, germánico. Algunos reciben nombres de astros, tal como ocurre con el urano. Y finalmente, á muchos se les indica con el nombre que la humanidad viene desde tiempos remotos designándolos, como sucede con el hierro, cobre, oro, plata, etc.

Nomenclatura de los cuerpos compuestos inorgánicos.—Los nombres de los cuerpos compuestos constan generalmente de dos palabras, una genérica y otra específica. El nombre genérico se forma con el cuerpo más electronegativo y el específico con el de carácter más electropositivo. Hay, sin embargo, muchos compuestos que se indican con un solo nombre; pero este es más bien vulgar que científico, aunque se

* Del "Tratado Elemental de Química Moderna" por el doctor Conrado Granell, Madrid, 1906.

usa y muchas veces es preferido en gracia á la brevedad con que se expresa.

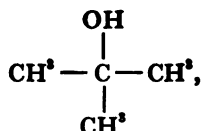
COMPUESTOS BINARIOS.—Su nomenclatura puede presentar los tres casos siguientes:

1.º Combinaciones binarias entre un metaloide y un metal.

2.º Combinaciones binarias entre dos metaloides.

3.º Combinaciones binarias entre dos metales.

1.º *Compuestos originados por la unión de un metaloide con un metal.*—En estos compuestos hay que distinguir dos casos: un carbono que á la vez tiene satisfechas sus restantes valencias por otros tres carbonos,



metil 2, propanol 2 ó alcohol butílico terciario.

Además de las funciones que hemos indicado se estudian en química orgánica otras, mas nosotros únicamente enunciaremos aquí las que tienen mayor importancia entre las simples:

FUNCIONES	Agrupamiento funcional.
Hidrocarburos	C [*] H [*]
Alcoholes	R . OH
Fenoles	r . OH
Aldehidos	R . CHO
Cetonas	R . COR'
Acidos	R . COOH
Aminas	R . NH [*]
Amidas	R . CO . NH [*]
Nitrilos	R . CN
Exteres óxidos	R . OR'
Eteres sales ó esteres	R . COO . R'
Anhidridos	RCO . O . COR

La inicial R representa un radical alcohólico, tal como CH^3 , C^2H^5 ó C^3H^7 , etc., y la letra r indica un radical fenólico, como C^6H^5 , C^7H^3 .

A. *Combinaciones binarias no oxigenadas*.—El nombre genérico de estos cuerpos se forma con una raíz tomada casi siempre del elemento más electronegativo, á la que se le agrega la terminación *uro*, y el específico se forma con el nombre del otro elemento en genitivo ó adjetivado, con la terminación *ico*.

Ejemplo:

ClNa , cloruro de sodio ó cloruro sódico (compuesto de cloro y sodio).

SPb , sulfuro de plomo ó sulfuro plúmbico (compuesto de azufre y plomo).

En el caso que los cuerpos puedan combinarse en varias proporciones, y por lo tanto originar múltiples compuestos, se los nombra anteponiendo al metaloide terminado en *uro* los numerales *mono*, *bi*, *sexquí*, *tri*, *tetra*, *penta* ó *proto*, *deuto*, *trito*, etc.

Ejemplo:

SK^2 , monosulfuro potásico.

S^2K^2 , bisulfuro potásico.

S^2K^3 , sexquisulfuro potásico.

S^3K^2 , trisulfuro potásico.

S^4K^2 , tetrasulfuro potásico.

S^5K^2 , pentasulfuro potásico, etc.

También se emplea la terminación *oso* ó *ico*, aplicadas al nombre específico, para expresar la menor ó mayor cantidad del elemento electronegativo.

Ejemplo:

Cloruro mercurioso, ClHg .

Cloruro mercúrico, Cl^2Hg .

Oxido ferroso, FeO .

Oxido férrico, Fe^2O^3 .

B. *Combinaciones binarias oxigenadas*.—Según estén constituidas por un metal ó por un metaloide su nomenclatura varía.

a) *Combinaciones binarias oxigenadas constituidas por un metal y el oxígeno*.—Estos compuestos reciben el nombre genérico de *óxidos* y más propiamente el de *anhidróxidos*. Su nombre específico se forma poniendo en genitivo el del metal ó adjetivándolo.

Ejemplo:

Oxido de *potasio* ú óxido *potásico*, K^2O .

Oxido de *magnesio* ú óxido *magnésico*, MgO .

En el caso de unirse el oxígeno con el metal en varias proporciones, se expresan las cantidades de estos cuerpos anteponiendo los numerales griegos ó latinos al nombre genérico ó haciendo terminar el nombre específico con la terminación *oso* ó *ico*.

Ejemplo:

Monóxido ó *protóxido* de mercurio ú óxido *mercurioso*, Hg^2O .

Bióxido *deutóxido* de mercurio ú óxido *mercurico*, HgO .

También se suele anteponer á la palabra genérica *óxido* las partículas *sub* y *per*, que respectivamente indican un grado de oxidación inferior ó superior á un término conocido.

Ejemplo:

Subóxido de plata, Ag^4O .

Oxido de plata, Ag^2O .

Peróxido de plata, Ag^2O^2 .

b) *Combinaciones binarias oxigenadas constituidas por un metaloide y el oxígeno*.—La nomenclatura de estos compuestos es análoga á la de los óxidos metálicos, y reciben el nombre genérico de *anhidridos* porque en general tienen la propiedad de unirse con el agua para dar origen á ácidos.

Ejemplo:

Anhidrido arsenioso, As^2O^3 .

Anhidrido arsénico, As^2O^5 .

Si estos compuestos no dan lugar por la acción del agua á ácidos, se les indica con la palabra genérica de óxidos.

Ejemplo:

Peróxido de nitrógeno, NO^2 .

Peróxido de cloro, ClO^2 .

2.º *Compuestos binarios metalóidicos no oxigenados.*—La nomenclatura de estos compuestos es la misma que la que hemos indicado al tratar de las combinaciones formadas por un metaloide y un metal, si bien se suele sustituir la terminación *uro* por *ido*.

Ejemplo:

Sulfuro de carbono ó sulfido carbónico.

Tricloruro de fósforo ó clorido fosforoso.

3.º *Compuestos constituidos por dos ó más metales.*—Generalmente se da á esta clase de combinaciones el nombre genérico de *aleaciones* ó *ligas*, ó *el de amalgamas* si uno de sus componentes es el mercurio, y se especifican nombrando los metales que los forman. En las amalgamas basta indicar al otro metal combinado con el mercurio.

Ejemplo:

Aleación de cobre y cinc (latón).

Aleación de plomo, antimonio y bismuto.

Aleación de hierro y antimonio.

Amalgama de oro.

Amalgama de plata.

Amalgama de sodio.

COMPUESTOS TERNARIOS.—Para facilitar la nomenclatura de estos compuestos estableceremos los siguientes grupos:

1.º Compuestos de función ácida.

2.º Compuestos de función básica.

3.º Compuestos de función salina.

4.º Compuestos de función compleja.

1.º *Compuestos de función ácida.*—Los oxácidos se pueden

representar por la fórmula $R^xO^yH^z$, en la que R representa el radical unido al oxígeno y al hidrógeno, y los exponentes x , y , z , el número de átomos de cada cuerpo. En el caso que el exponente y se hace igual á cero, la fórmula $R^xO^yH^z$ se reduce á R^xH^z , que es como fácilmente se ve la expresión que representan los hidrácidos. Se les nombra considerándolos como compuestos binarios con la palabra genérica *ácido* y otra específica formada tomando como raíz parte del nombre del radical, ó sea del cuerpo unido al oxígeno é hidrógeno, haciéndole terminar en *ico* ó en *oso*, según la cantidad de oxígeno que en su molécula encierra.

Ejemplo:

Acido sulfúrico, SO^4H^2 .

Acido sulfuroso, SO^3H^2 .

Ocorre á menudo que el radical forma más de estos dos ácidos, y para distinguirlos se antepone á los nombres específicos la partícula *hipo* (debajo) é *hiper* ó *per* (sobre).

Ejemplo:

Acido hiposulfuroso, SO^3H^2 .

Acido sulfuroso, SO^3H^2 .

Acido sulfúrico, SO^4H^2 .

Acido persulfúrico, SO^4H .

Los hidrácidos se nombran con la palabra genérica *ácido*, la cual se la especifica con el nombre del radical terminado en *hídrico*.

Ejemplo:

Acido clorhídrico, ClH .

Acido sulfhídrico, SH^2 .

2.º *Compuestos de función básica*.—Se les denomina con el nombre genérico de *hidratos* ó *hidróxidos*. Forman el específico el del metal en genitivo ó adjetivado.

Ejemplo:

Hidróxido ó hidrato potásico, KOH .

Hidróxido ó hidrato cálcico, $Ca(OH)^2$.

3.° *Compuestos de función salina*.—El nombre genérico de estos cuerpos se forma con el específico del ácido que da lugar á la sal, sustituyendo la terminación *ico* ú *oso* por *ato* ó *ito*. El nombre específico procede del metal, al cual se le adjetiva ó se le pone en genitivo.

Ejemplo:

El ácido nítrico forma el *nitrato* potásico ó de potasio.

El ácido nitroso forma el *nitrito* potásico.

El ácido hipocloroso forma el *hipoclorito* potásico.

El ácido perclórico forma el *perclorato* potásico.

4.° *Compuestos de función compleja*.—Los ácidos de más de un hidrógeno básico dan lugar á sales neutras ácidas y mixtas. Tal ocurre con el fosfórico, PhO^4H^3 , indicándose como á continuación exponemos:

Trifosfato sódico, PhO^4Na^3 .

Bifosfato sódico, $\text{PhO}^4\text{Na}^3\text{H}$.

Monofosfato sódico, PhO^4NaH^3 .

El ácido sulfúrico forma con la sosa el

Sulfato ácido de sodio, SO^4NaH , y el

Sulfato neutro de sodio, SO^4Na^2 .

Las sales básicas, ó sean aquellos compuestos que tienen en sus moléculas más cantidad de base que en realidad les corresponde, se las denomina agregando al nombre de la sal la palabra *base*.

Así:

El $\text{NO}^3(\text{OH})'\text{Pb}$ se le denomina *nitrato básico* de plomo, cuya fórmula podría también representarse por $(\text{NO}^3)^2\text{Pb}$, $\text{Pb}(\text{OH})^2$.

La sal mixta siguiente, $\text{PhO}^4\text{NH}^4\text{Mg}$, se la llama *fosfato amónicomagnésico*.

Los compuestos salinos que resultan de la unión de dos sales se nombran reuniendo los nombres de ambas sales.

Ejemplo:

El cloruro potásico y el cloruro platínico, ambos formando una sola especie química, se les nombra cloruro potásico-platínico. El alumbre de aluminio, formado por la unión de una molécula de sulfato de aluminio y otra de sulfato potásico, se designa sulfato alumínico-potásico.

Aunque faltan muchos detalles para completar la nomenclatura de las especies químicas inorgánicas, los hemos omitido, porque bastará en cada caso particular para fijar su nombre, en virtud de su composición ó de su función química, seguir las reglas establecidas.

(B) TERMOQUÍMICA, FOTOQUÍMICA Y ELECTROQUÍMICA.

Termoquímica; su fundamento.—Toda reacción química puede considerarse como el resultado de los fenómenos mecánicos que tienen lugar cuando los átomos de los cuerpos reaccionantes se reemplazan y combinan al reaccionar entre sí, y se manifiestan estos movimientos bajo la forma de calor, electricidad y trabajo. Mas todas estas manifestaciones de la energía generalmente se pueden expresar en calorías, porque tanto el trabajo como la electricidad tienen su equivalente en calor.

Reacciones exotérmicas y endotérmicas.—Siempre que dos ó más elementos reaccionan ó un cuerpo compuesto se desenvuelve en otros de constitución más sencilla hay una diferencia de temperatura entre los cuerpos reaccionantes y los productos de sus acciones químicas. En la mayoría de los casos las combinaciones de los cuerpos se efectúan con desprendimiento de calor, y se designa á estas reacciones con el nombre de *exotérmicas*; tales son la combinación del oxígeno con el hidrógeno, que desprende 59 calorías; la del cobre con el azufre, que origina 22 calorías, etc.

Hay casos en los cuales para que una combinación se efectúe es necesario suministrar determinada cantidad de calor, como

ocurre con el cloruro y yoduro de nitrógeno y con los compuestos oxidados del cloro; á estas reacciones se las indica con el nombre de *endotérmicas*.

Principios fundamentales.—La termoquímica descansa en los tres siguientes principios: el de los trabajos moleculares, el de la equivalencia de las transformaciones químicas y el del trabajo máximo.

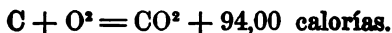
1.º *Principio de los trabajos moleculares.*—La cantidad de calor producido en una reacción cualquiera mide la suma de los trabajos físicos (condensaciones, cambios de estado) y químicos (combinaciones, descomposiciones, cambios alotrópicos) realizados durante el fenómeno.

Así, por ejemplo:

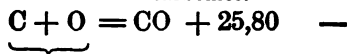
Al combinarse 16 gramos de oxígeno con 2 gramos de hidrógeno para formar 18 gramos de agua en estado de vapor, se desprenden 59 calorías; si resulta al estado líquido, 69, y 70,4 calorías si se obtiene el agua al estado sólido. Estas calorías, además de indicar el calor de combinación, de estos dos elementos, expresan el trabajo de condensación de los tres volúmenes que ocupaban los gases antes de combinarse á los que ocupa el vapor de agua formado y el calor que procede del cambio de estado para el agua líquida y sólida.

2.º *Principio de la equivalencia de las transformaciones químicas.*—Si en un sistema de cuerpos simples ó compuestos, considerados en condiciones determinadas, experimentan cambios físicos y químicos capaces de conducirlo á un nuevo estado, sin producir efectos mecánicos exteriores al sistema, la cantidad de calor absorbido ó desprendido á consecuencia de estos cambios depende únicamente del estado inicial y del estado final, siendo el mismo independiente de la naturaleza y la serie de los estados intermedios.

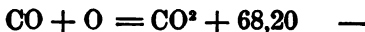
Como, por ejemplo, el calor desprendido en la formación del anhídrido carbónico es igual á la suma del calor que se origina en la transformación del carbono en óxido carbónico y en la de este cuerpo en anhídrido carbónico:



Anhidrido
carbónico.



Oxido
carbónico.



De donde resulta que la suma de las dos cantidades, 25,80 + 68,20, es igual á 94; cantidad de calor que se desprende cuando se forma el anhidrido carbónico de una sola vez.

Del principio anteriormente citado se deducen las siguientes consecuencias:

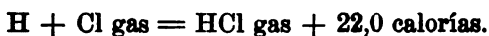
1.^a Que la cantidad de calor desprendido en una serie de transformaciones físicas y químicas, realizadas simultáneamente, es igual á la suma de las cantidades de calor desprendidas en cada transformación aislada, siempre que todos los cuerpos que en ellas intervienen tengan estados físicos idénticos.

Ejemplo:

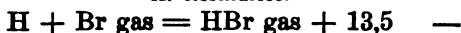
Para determinar el calor que se desprende al formarse el bióxido de hidrógeno, *agua oxigenada*, H^2O^2 , necesitamos tener en cuenta el calor que se origina cuando este cuerpo se descompone en agua, H^2O , y en oxígeno, O , que es de 21,48 calorías, y el que se desenvuelve en la combinación del hidrógeno con el oxígeno, que es de 69 calorías, para dar lugar al agua, H^2O ; luego el calor de formación del bióxido de hidrógeno estará expresado por la diferencia entre el calor de formación del agua, 69 calorías, y el que desprende el bióxido de hidrógeno para convertirse en agua y oxígeno, 21,48, ó sea 47,52 calorías.

2.^a Cuando un cuerpo sustituye á otro en una combinación, el calor desarrollado indica la diferencia que existe entre los calores de formación del cuerpo final y el de la combinación primitiva.

Ejemplo:



A. clorhídrico.



A. bromhídrico.

Según este principio, en la sustitución del bromo por el cloro en el ácido bromhídrico deben desprenderse $22,00 - 13,50 = 8,50$ calorías, fenómeno que en la práctica se verifica.

3.ª Si se realizan dos series de transformaciones partiendo de dos estados iniciales distintos para llegar al mismo estado final, la diferencia entre las cantidades de calor desprendido en los dos casos será precisamente la cantidad que desprende ó absorbe cuando se pasa de uno de estos estados ~~iniciales~~ al otro.

Ejemplo:

Cuando se hace actuar el oxígeno y el ozono separadamente en dos soluciones diluídas é idénticas de ácido arsenioso para transformarlas en ácido arsénico, se verifica que por cada 24 gramos de ozono se desprenden 34 calorías y con el oxígeno solamente 19,6. Determinando la diferencia entre estas dos cantidades, vemos que es igual á 14,4, cantidad igual á la que el ozono desprende para pasar á oxígeno.

3.º *Principio del trabajo máximo.*—Todo cambio químico realizado sin que intervenga una energía extraña (calor, electricidad, luz) tiende á la formación del cuerpo ó sistema de cuerpos que desprenden mayor cantidad de calor. Y por consecuencia, toda acción química realizable sin el concurso de un trabajo preliminar y sin la intervención de una energía extraña se produce necesariamente si se desprende calor.

Este principio, que se realiza en un gran número de casos, permite de una manera general prever las acciones que han de verificarse entre varios cuerpos que puedan entre sí reaccionar.

Así, por ejemplo, desprendiendo mayor cantidad de calor al combinarse el cloro con el hidrógeno que el bromo y el yodo con el mismo elemento, desalojará á todos ellos de sus com-

binaciones con aquel elemento, como efectivamente así ocurre.

Fotoquímica.—Esta parte de la Química general se ocupa del estudio de los fenómenos químicos que producen las radiaciones lumínicas, y de la acción aislada y especial de cada uno de los rayos del espectro solar.

Los rayos solares se conducen en un gran número de cuerpos como agentes químicos: reducen las sales de plata, decoloran las sustancias colorantes de origen orgánico, transforman el fósforo rojo en fósforo ordinario; descomponen, con intervención de la clorofila de los vegetales, el anhídrido carbónico, y hacen que se combine el cloro con el hidrógeno.

Mas es digno de notar que no todos los rayos solares tienen la misma potencia química, y corresponde el mayor efecto químico á las rayos azules, violados y ultraviolados; disminuye algún tanto en los verdes y es casi insensible en los rayos rojos.

No solamente ofrecen los rayos del espectro solar estas gradaciones en sus efectos, sino que los rayos rojos tienen en general una acción oxidante y reductora los violados.

Excitantes ópticos.—Son las sustancias que disueltas ó mezcladas con los cuerpos que se exponen á la acción de los rayos solares aceleran su descomposición. Tales son el azul de metileno, el rojo anilina, etc., que absorben los rayos azules ó rojos, los cuales, transmitidos á los cuerpos en que están disueltos ó mezclados, favorecen sus transformaciones químicas.

Excitantes químicos.—Son aquellos cuerpos que, puestos en presencia de la sustancia sometida á la acción de la luz, activan su descomposición, por combinarse con alguno de los cuerpos originados en estas acciones.

Actinómetros.—Se da este nombre á los aparatos que se emplean para determinar la acción química de los rayos lumínicos.

Se ha tratado de medir la potencia química de la luz por medio de los aparatos antes citados, mas, en verdad, no se ha

adelantado gran cosa en este terreno, debido á que la acción de la luz no está nunca exenta de fenómenos térmicos, aparte del sinnúmero de causas que en ello concurren, tales como la cantidad de vapor de agua que tiene la atmósfera, el espesor de ésta (que no suele ser constante), la variabilidad de los gases y partículas sólidas que lleva en suspensión, etc., etc.

Sin embargo, Fabre y Silbermann miden la acción química de la luz solar y de cada uno de los rayos del espectro por medio de probetas llenas de gas hidrógeno y cloro, puestas sobre una cuba de agua saturada de sal común. De la cantidad en volumen de gas desaparecido deducen la potencia química del haz de rayos objeto de la experiencia.

Bunsen y Roscoe emplean para estas mismas experiencias tiras de papel impregnadas de cloruro de plata, y por el ennegrecimiento que adquieren al ser expuestas á la acción de los rayos solares juzgan sus intensidades químicas.

Electroquímica.—La electroquímica estudia la manifestaciones que de esta índole se desenvuelven en las reacciones, y los efectos que la electricidad produce en todas sus formas al actuar sobre los cuerpos.

Anteriormente hemos indicado la influencia de la electricidad en las combinaciones; aquí únicamente mencionaremos los efectos que la electricidad produce bajo la forma de corriente cuando actúa sobre los cuerpos y sus disoluciones.

Al someter los cuerpos á la acción de la corriente eléctrica se nota que los metales, ciertas aleaciones y el carbón de retortas no experimentan ninguna modificación en su sustancia; lo más que hacen es calentarse por la resistencia que oponen al paso del fluido eléctrico, y su conductibilidad disminuye con la temperatura; estos cuerpos se llaman conductores de primera clase.

Existen otros compuestos que conducen la electricidad tanto más cuanto mayor temperatura tienen, á la vez que se decomponen por este agente. Gozan de estas propiedades los conductores de segunda clase ó *electrolitos*; pertenecen á este

grupo las sales disueltas ó fundidas, y las disoluciones en líquidos neutros de los ácidos y de las bases.

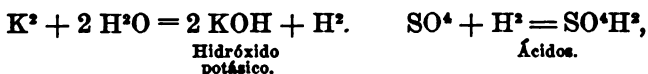
Los electrolitos, al someterlos á la acción de la corriente eléctrica, se descomponen, y los productos de su desdoblamiento se conocen con el nombre genérico de *iones*; mas estos cuerpos unos se dirigen y reúnen en el polo positivo ó *anodo*, y reciben el nombre de *aniones*, y los que se acumulan en el polo negativo ó *catodo* se llaman *cationes*. El cloruro amónico, sulfato potásico, ácido nítrico, acetato sódico, etc., sometidos disueltos en el agua, al paso de una corriente eléctrica se desenvuelven en sus respectivos *iones*.

ELECTROLITOS	Aniones.	Cationes.
Cloruro amónico, ClNH^4	Cl	NH^4
Sulfato potásico, SO^4K^2	SO^4	K^2
Acido nítrico, NO^3H	NO^3	H
Acetato sódico, $\text{CH}^3\text{.COON.}$	$\text{CH}^3\text{.COO}$	Na

Hay que tener presente que los *iones* no quedan siempre libres; muchas veces reaccionan con los electrolitos, con los disolventes y con el electrodo.

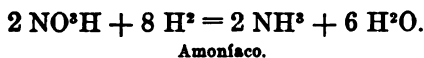
Ejemplos:

El sulfato potásico se descompone en sus *iones*, SO^4 y K^2 , que en presencia del agua dan lugar á las reacciones siguientes:



cuerpos ambos resultantes de la descomposición electrolítica del sulfato potásico.

El catión H, correspondiente al anión NO^3 , en presencia del ácido nítrico da origen á los compuestos siguientes:



Y si al pasar una corriente eléctrica por el electrolito ClNH^4 hacemos que el catodo esté sumergido en una capa de mercurio, el amonio NH^4 que resulta de esta acción forma con el mercurio

la amalgama de mercurio, cuerpo de gran interés teórico, como veremos al tratar de las sales amoniacaes.

Teoría de la constitución de los electrolitos ó de los iones.—Al sabio químico sueco Soante Arrhenius se debe la teoría moderna de las soluciones, sacada de ciertas consideraciones electrolíticas.

Hablando en términos generales, podemos decir que Arrhenius admite que los electrolitos, por el mero hecho de estar disueltos en los líquidos, se encuentran disociados en sus respectivos iones, y según esto la molécula de cloruro de sodio



ClNa, al disolverse en el agua, se separa en sus iones Cl y Na, ambos provistos de cargas eléctricas iguales y contrarias. Este carácter eléctrico, es, según Arrhenius, precisamente lo que distingue al ion del átomo simple y constituye su individualidad específica.



Los iones Cl y Na, de una disolución de sal común, pudiéramos compararlos á los estados alotrópicos de Cl y Na, puesto que solamente dando á cada uno de ellos la cantidad de electricidad suficiente pasan del estado alotrópico ion á cuerpo simple, cosa que fácilmente podemos conseguir haciendo actuar una corriente eléctrica por una solución acuosa de esta sal, la cual suministra á los iones la energía eléctrica necesaria para neutralizar sus estados eléctricos, reuniendo en el polo positivo

—

al ion Cl al estado de cuerpo simple Cl y en el polo negativo al

+

ion Na, transmutado en sodio Na.

(C) AIRE ATMOSFÉRICO

Historia y sinonimia.—El aire ha sido considerado durante mucho tiempo como un cuerpo simple. Lavoisier y Scheele de-

terminaron simultáneamente sus principales componentes. Posteriormente se han descubierto en él, si bien en proporciones muy cortas, el argón, helio, neón, kriptón, xenón y metargón.

Estado natural.—El aire se encuentra formando la atmósfera que envuelve á nuestra planta y disuelto en las aguas.

El aire es una mezcla constituida principalmente de nitrógeno, oxígeno, vapor de agua y anhídrido carbónico, y por lo tanto, conserva cada uno de estos cuerpos su independencia en sus propiedades, y la mezcla de aire viene á gozar de ciertas condiciones inherentes á la de sus componentes. No debíamos aquí exponer sus propiedades físicas y químicas, porque si la química únicamente tiene por objeto el estudio de las especies definidas, no es propio que en ella tratemos de las mezclas, pues las propiedades de éstas podemos muy bien sacarlas *a priori* conociendo los cuerpos que las constituyen, las proporciones en que entran y sus propiedades. Pero por la excepcional importancia que tiene el aire, por ser el medio en el cual se desarrollan las manifestaciones de la vida en nuestro planeta, merece por ello que se haga excepción á todas las mezclas y se le estudie en esta ciencia.

Propiedades.—Es un gas incoloro á débil espesor, inodoro y sin sabor apreciable. Es mal conductor del calor y de la electricidad, sobre todo si está perfectamente seco. Sometido á la presión de 38 atmósferas y á un descenso de temperatura de -128° se consigue transformarle en un líquido incoloro que goza de gran movilidad; á -189° se solidifica en hermosos cristales de color ligeramente azulado. Su densidad es igual á la unidad, con la cual se compara la de los demás gases.

Análisis cualitativo del aire.—Se determina la composición del aire absorbiendo por distintos reactivos los cuerpos que le constituyen. El oxígeno se evidencia por los fenómenos de combustión que en el aire se verifican, por ser absorbido por el ácido pirogálico en solución alcalina y por formar agua cuando se quema en una atmósfera de hidrógeno, etc. La

presencia del nitrógeno se patentiza absorbiendo bajo una campana el oxígeno del aire por el fósforo. El vapor de agua se manifiesta por la formación de gotículas de agua que se depositan en las superficies enfriadas y por la licuefacción de las sales delicuescentes. El anhídrido carbónico lo denuncia el agua de cal, que se enturbia en contacto del aire. Y el argón se investiga haciendo combinar el nitrógeno obtenido del aire con el magnesio ó litio enrojecidos.

También existen en la atmósfera cortas proporciones de amoníaco, ozono, corpúsculos sólidos, fermentos de todo género, microorganismos, etc.

El amoníaco se investiga haciendo pasar una gran cantidad de aire previamente desprovista de los cuerpos que lleva en suspensión por una solución diluída de ácido clorhídrico. Luego este líquido se neutraliza con sosa, y si en estas condiciones se le añade una solución alcalina de hipobromito sódico, descompone el cloruro amónico con desprendimiento de nitrógeno.

El ozono se investiga como hemos indicado al tratar de aquel cuerpo.

Los fermentos y microorganismos se determinan fijándolos sobre una placa con gelatina ó glicerina, sobre la cual viene á caer un chorro de aire producido por aspiración con la tromba de absorción. Una vez retenidos en la glicerina todos cuantos cuerpos estaban en suspensión en la atmósfera que es objeto de estudio, se extiende una pequeña cantidad de gelatina sobre un *porta*, el cual se tapa con un *cubre* y se lleva al microscopio para apreciar directamente algunos cuerpos; pero la mayoría de las veces es necesario hacer con la gelatina cultivos, y de éstos se sacan preparaciones que, sometidas á métodos de sencilla y doble coloración, permiten evidenciar y distinguir los microorganismos entre sí, pudiéndose de este modo apreciar en ellas las especies patógenas que en el aire existen.

Análisis cuantitativo del aire.—*Determinación del vapor de agua y del gas carbónico.*—Para investigar estos cuerpos se

hace pasar un volumen conocido de aire, previamente desprovisto de cuerpos sólidos, por una serie de tubos en U que contienen cuentas de rosario de cristal humedecidas con ácido sulfúrico, que se apoderan del agua, y otras con soluciones de potasa cáustica, que retiene el carbónico. Estos tubos se pesan antes de pasar un volumen conocido de aire y después, y el aumento que experimentan los que contienen el ácido sulfúrico indica la cantidad de agua en vapor, y el incremento de peso en los de las soluciones de potasa cáustica expresa el anhídrido carbónico.

Análisis en volumen del aire.—*Por el fósforo en frío.*—Para determinar los compuestos de los principales elementos que integran el aire por medio del fósforo en frío nos servimos de una campana graduada, la cual se pone sobre la cuba de mercurio y se anota el volumen del aire que encierra; en seguida se le introduce un fragmento de fósforo humedecido, cuerpo que se apodera del oxígeno para formar compuestos oxihidrofosforados. Anotando el volumen que ocupa el gas, al cabo de unas quince horas tendremos el nitrógeno con el argón; el volumen desaparecido expresará el oxígeno. En el mismo aparato podemos determinar la composición del aire valiéndonos de una solución alcalina de ácido pirogálico, que absorbe el oxígeno.

Por el fósforo en caliente.—En un tubo doblado en ángulo obtuso se introduce un pedacito de fósforo y se le sumerge en parte en un vaso con agua ó mercurio.

Se calienta el tubo en la parte que contiene el fósforo con una lámpara de alcohol, que le hace arder en el oxígeno que contiene el aire. Cuando el tubo está ya frío se mide el volumen, y con éste dado y el volumen que el aire ocupaba antes de la experiencia se deduce su composición.

Procedimiento eudiométrico.—Este método está fundado en la propiedad que tiene el oxígeno de combinarse por influencia de la chispa eléctrica con el hidrógeno en la proporción de un volumen de aquél por dos de éste.

Se verifica este ensayo en el eudiómetro, en el que se introducen 100 centímetros cúbicos de aire y otro volumen igual de hidrógeno. Por estos 200 centímetros cúbicos se hace saltar una chispa eléctrica, y una vez en las mismas condiciones de temperatura y presión que tenía la mezcla gaseosa antes de esta acción, se ve que ocupa solamente 137 centímetros cúbicos, habiendo, por lo tanto, desaparecido 63 centímetros cúbicos bajo la forma de agua, y como la tercera parte de este número representa el oxígeno que había en los 100 centímetros cúbicos de aire, 21 centímetros cúbicos serán en efecto la cantidad en volumen que de aquel cuerpo simple contiene el aire, ó lo que es igual:

$$100 + 100 = 200; \quad 200 - 137 = 63;$$

$$\frac{63}{3} = 21.$$

El aire es mezcla, no combinación.—1.° Porque todos los cuerpos que le constituyen conservan su individualidad.

2.° La relación en volumen y en peso de los elementos que forman el aire dista mucho de expresar relaciones sencillas como las que regulan las combinaciones de los cuerpos.

3.° Cada uno de los gases del aire se disuelve en el agua según su coeficiente propio, cosa que no ocurriría si se tratara de una combinación.

4.° El óxido nítrico pasa á peróxido nítrico en contacto del aire, fenómeno que indica que un compuesto más oxigenado que el aire sufre á expensas de éste nueva oxidación; hecho contrario, y por lo tanto, no debía tener lugar si se tratase de combinaciones de los mismos elementos.

5.° Sometido el aire líquido á una destilación lenta, los elementos que se separan no guardan las relaciones en que están formando el aire, sino que primero se desprende el oxígeno y luego destila el nitrógeno.

Usos.—No es necesario indicar para qué sirve el aire que nos envuelve. El aire líquido se utiliza para preparar oxígeno

por destilación fraccionada y formar atmósferas artificiales en el fondo del mar, que utilizan los buzos y se emplea en la navegación submarina.

Los aparatos de impulsión de algunos torpedos son movidos por aire liquidado.

Combustión.—Se entiende vulgarmente con el nombre de combustión el fenómeno químico que se realiza cuando los cuerpos arden en el aire; pero se ha extendido más esta palabra, y sirve también para indicar las oxidaciones lentas que en presencia del aire experimentan los cuerpos. Se da el nombre de combustible al cuerpo que arde en el oxígeno del aire, y comburente el que alimenta y mantiene la combustión.

Al tratar del cloro y del vapor de bromo se ha visto que en atmósferas de aquellos cuerpos ardían vivamente el fósforo, arsénico y antimonio; fenómeno igual al que experimenta el azufre, hidrógeno, carbón, gas del alumbrado, etc., cuando se queman en el oxígeno. Estos hechos son verdaderas combustiones, en la cuales al cloro y al bromo podemos atribuirles muy bien el papel de comburentes, y á los cuerpos que en ellos arden el de combustibles. Pero únicamente designamos con el nombre de combustión á las combinaciones químicas en que interviene el oxígeno como elemento activo.

Ejemplo de combustiones vivas podemos citar la quemación rápida del carbón, maderas é hidrocarburos en el aire, y de lentas, la oxidación del hierro y metales en el aire, las fermentaciones, la carbonación ó putrefacción de los vegetales y las oxidaciones que se verifican en el seno de los tejidos orgánicos en virtud del oxígeno que lleva la sangre arterial. En todas las combustiones hay desprendimiento de calor.

(D) CARBONO

$C = 11,91.$

Estado natural.—Es uno de los cuerpos que más difundidos se encuentran en la naturaleza; al estado libre constituye el

diamante, el grafito, antracita, hulla, lignito y turba; combinado con el hidrógeno forma el gas de los pantanos, los betunes, naftas y ceras; unido al oxígeno origina el gas carbónico; entra en la composición de los carbonatos, y finalmente, todas las sustancias orgánicas y organizadas le contienen.

Las principales variedades del carbono son las que siguen.

Carbonos naturales.

DIAMANTE.—Es el carbono cristalizado y *casi puro*. Se encuentra generalmente en la naturaleza recubierto de una capa opaca. Es en general incoloro; algunas veces presenta una coloración amarilla, rosa ó azul, debido á cuerpos que le impurifican; también se le encuentra formando masas negras, que reciben el nombre de diamantes carbonados.

Los diamantes cristalizan en formas del primer sistema y con caras y aristas curvas. Su densidad varía entre 3,50 á 3,55. Es mal conductor del calor y de la electricidad y se electriza por frotamiento; refracta y dispersa la luz de un modo considerable, y es uno de los cuerpos de mayor dureza, ocupando el número diez en la escala de Mohs.

Sometido al abrigo del aire á la acción del calor se transforma en grafito. Arde en el oxígeno con gran despredimiento de luz, formando anhídrido carbónico; no es atacado por los ácidos.

Moissan ha conseguido obtener artificialmente el diamante haciendo cristalizar el carbón, fundiéndolo en el hierro líquido y bajo una gran presión. Para ello mezclaba carbón de azúcar con fundición de hierro, y los fundía en el horno eléctrico; la masa fundida la enfriaba bruscamente arrojándola en un baño de plomo fundido. En estas condiciones se solidifica exteriormente una capa de fundición que aprisiona al resto de la masa, la cual al solidificarse aumenta de volumen y origina una gran presión, que facilita la cristalización del carbono.

El botón metálico así obtenido contiene distintas variedades de carbono; se aísla el diamante tratando la masa en

caliente repetidas veces por el ácido clorhídrico, sulfúrico y fluorhídrico, y por último, por clorato potásico y ácido nítrico.

Los diamantes que por este método se forman son en general transparentes, pero por desgracia son de reducidas dimensiones.

Usos.—El diamante no se emplea tal como lo da la naturaleza; antes se le talla y bruñe, utilizando para verificar estas operaciones el polvo de diamante ó el *carborundum*. Es la mejor *pedra preciosa* que se conoce y constituye el mayor ornato de las joyas. También se emplea para cortar el cristal. Los diamantes negros tienen grandes aplicaciones en ingeniería para taladrar las rocas de cuarzo.

GRAFITO.—Se llama también *lápiz plomo* y *plombagina*. Se presenta rara vez cristalizado, y cuando lo hace se manifiesta en cristales pertenecientes al sistema romboédrico. Es en general blando, tizna cuando se le toca y deja sobre el papel trazos negros. Su color es grisáceo; su densidad es de 2,09 á 2,23; conduce bien el calor y la electricidad, y puede soportar elevadas temperaturas en presencia del aire sin arder en él. Contiene de 5 á 15 por 100 de impurezas.

Usos.—Constituye la primera materia de los lápices; incorporado á las sustancias grasas sirve para lubricar las superficies de rozamiento de las máquinas y para impedir que el hierro se oxide; mezclado con arcilla refractaria para construir crisoles, y en galvanoplastia para hacer conductores los moldes de gutapercha que se tienen que recubrir de metal.

ANTRACITA.—Es un carbón fósil de origen vegetal. Se presenta amorfa y de color negro brillante. Su densidad varía de 1,30 á 1,75. Arde con dificultad, pero desarrolla gran número de calorías. Sometida á la acción del calor no desprende productos volátiles.

Contiene de 6 á 13 por 100 de impurezas. Se emplea como combustible.

HULLA.—Es del mismo origen que la variedad anterior. Tiene color negro brillante, duro y frágil, y su estructura es

en general hojosa. Su densidad está comprendida entre 1,25 y 1,35.

Las hullas se dividen en dos grandes grupos: hullas grasas y hullas secas; las hullas grasas encierran gran cantidad de carburos de hidrógeno, se ablandan y aumentan de volumen por el calor y queman con mucha llama, y las hullas secas arden con poca llama, no se ablandan ni sufren incremento en su volumen por el calor y por destilación dan pocos número de calorías. Sometida a la acción de calor no desprende productos volátiles.

Los productos volátiles de la destilación de las hullas tienen reacción alcalina, debida al amoníaco que con ellos se desprende; calentados con una solución concentrada de potasa dan coloración amarilla.

Sometidas las hullas á la destilación seca producen gas del alumbrado, gran variedad de otros productos pirogenados y dejan como residuo coque. Contienen de 78 á 90 por 100 de carbón. Se emplean las hullas como combustible, para fabricar el gas del alumbrado y el coque.

LIGNITO.—El lignito es un carbón de formación más reciente que los anteriores y también menos puro. Su color varía del negro al parduzco; el término medio de su densidad es de 1,20. Arde con facilidad.

Desprende productos volátiles por destilación; pero éstos, á diferencia de los de las hullas, tienen reacción ácida, debida á la presencia del ácido acético, y calentados con una solución concentrada de potasa dan coloración oscura.

La variedad negra, dura y muy brillante del lignito, que recibe el nombre de *azabache*, se utiliza como piedra de adorno.

TURBA.—Es el carbón mineral de más reciente formación. Por destilación da, como los lignitos, productos volátiles de naturaleza ácida.

Uso.—Todas las variedades de carbón citadas, excepto el grafito y los diamantes, sirven como combustibles; las hullas para fabricar el gas del alumbrado, sales amoniacaes y colores

artificiales, y los lignitos también se emplean en pintura con el nombre de *tierra de sombra*.

Carbonos artificiales.

COQUE.—Es, como ya hemos indicado, el residuo que resulta de la destilación seca de las hullas; su aspecto varía, según proceda de la hullas secas ó grasas, conservando el de aquéllas la misma contextura; en cambio, el que procede de la hullas grasas se presenta en masas cavernosas y brillantes. Su color es gris; su densidad es de 1,5 y conduce bien el calor y la electricidad. Quema con dificultad, pero cuando está en gran cantidad y bajo la influencia de un gran tiro de aire arde con gran desprendimiento de calor. Es un buen combustible.

CARBÓN DE RETORTAS.—Al someter á la acción del calor las hullas con el fin de separarlas de sus productos volátiles ocurre que las retortas donde esta operación se verifica toman la temperatura del rojo, la cual es suficiente para disociar parte de los hidrocarburos que destilan en sus dos elementos, depositándose sobre ellas el carbono. Este carbón es muy puro, compacto y duro; conduce bien el calor y la electricidad y arde con gran dificultad. Se utiliza para construir piezas para pilas eléctricas y los cilindros de los arcos voltaicos.

CARBÓN DE MADERA.—Los leños y madera, por la acción del calor, dejan un residuo, formado en su mayor parte de carbón.

Los procedimientos que se emplean para obtener este carbón son dos:

1.º *El procedimiento de las pilas.*—Consiste en hacer con leña montones ó pilas en forma de un cono truncado, dispuestos de modo que el aire circule por todas sus partes, con el fin de que la operación, una vez iniciada, continúe con facilidad y sin interrupción. Estos montones se recubren con hojas secas, residuos carbonosos y la última capa de tierra, y se principia la combustión per la parte central de la pila. Este procedimiento tiene la ventaja de ser muy económico, pero se pierden en él gran cantidad de productos pirogenados, de no

despreciable valor, y hoy día va sustituyéndose por el siguiente.

2.° Procedimiento de los cilindros.—Consiste en llenar de madera, previamente cortada del tamaño que se quiera tener los carbones, grandes depósitos de hierro, los cuales se calientan en hornos apropiados que comunican en recipientes enfriados, donde se condensan parte de los productos que en la destilación se producen, tales como el ácido acético, acetona, alcohol metílico y alquitranes, mientras que los productos gaseosos, formados en su mayor parte por el metano, son conducidos al hogar, donde se queman, economizándose de este modo gran cantidad de combustible.

El carbón de madera bien elaborado es negro, duro y en general compacto y sonoro; conserva la estructura del leño de que procede y no produce humos al arder.

NEGRO DE HUMO.—Las materias orgánicas ricas en carbono, como las resinas, breas, alquitranes y aceites, experimentan, cuando se las calienta en presencia de insuficiente cantidad de aire, una llama fuliginosa rica en carbón, el cual, depositado en superficies apropiadas y luego recogido, constituye el negro de humo. Se emplea para fabricar las tintas de imprenta y china y en pintura.

CARBÓN ANIMAL.—Recibe también los nombres de negro animal, carbón de huesos y negro marfil.

Se obtiene sometiendo á la acción del calor y en vaso cerrado sustancias de origen animal, como la sangre, carnes y más generalmente huesos.

Posee este carbón la notable propiedad de absorber las materias colorantes de origen orgánico. Se emplea para decolorar los vinos, vinagres, etc., y entra en la composición de los betunes para el calzado.

Cuando hay necesidad de obtenerle exento de sustancias minerales es preciso tratarle por el ácido clorhídrico y lavarle con agua.

CARBONES AGLOMERADOS.—Las partículas y polvos de las

hullas, antracitas, coque y carbón vegetal son difíciles de quemar, y con el fin de utilizarlos se les amasa con alquitranes y asfaltos; la pasta así formada se comprime dentro de moldes, que luego se calcinan al abrigo del aire. Se utilizan como combustible.

Propiedades.—El carbono es uno de los cuerpos fijos que conocemos, pues únicamente se consigue que adopte el estado gaseoso en el arco voltaico, sin antes experimentar el fenómeno de la fusión.

Los carbones porosos presentan la propiedad de absorber los gases, siendo los de madera los que presentan esta cualidad en más alto grado.

Si se calienta un pedazo de carbón al rojo y se le sumerge en el mercurio con objeto de enfriarle sin que absorba aire, y luego se le pasa á una probeta llena de gas amoníaco, éste es absorbido rápidamente por aquél.

Para generalizar podemos decir que los carbones porosos se comportan con los gases como verdaderos líquidos, en los cuales se disuelven aquéllos, guardando las cantidades de los gases disueltos en una misma clase de carbón y sus coeficientes de solubilidad en un mismo líquido relaciones muy próximas. Un volumen de carbón de madera absorbe:

	Volúmenes.
Amoníaco	90,00
Ácido clorhídrico	85,00
Anhidrido sulfuroso.....	65,00
Ácido sulfhídrico.....	53,00
Anhidrido carbónico.....	35,00
Oxígeno	9,00
Nitrógeno	7,50
Hidrógeno	1,75

De esta propiedad y de la facultad de retener los cuerpos orgánicos que á menudo suelen llevar las aguas se saca partido

para desinfectarlas, lo cual se consigue haciéndolas atravesar capas de carbón.

Se combina con el hidrógeno á elevadas temperaturas por influencia del arco voltaico y da lugar al etino (acetileno) C^2H^2 . Por intermedio del calor se une al fluor, oxígeno, azufre, silicio y boro, formando sus derivados correspondientes. Con los metales alcalinotérreos y con los del grupo del hierro constituye carburos metálicos.

El carbono al rojo descompone el vapor de agua, dando lugar á una mezcla gaseosa formada de hidrógeno, óxido y anhídrido carbónico (gas de agua). El hidrógeno y el óxido carbónico que en esta reacción se forman son cuerpos combustibles, y por lo tanto no se debe apagar una gran masa de carbones incandescentes con poca agua, porque tendríamos efectos contrarios, debido á que avivaríamos la combustión con la quemación de los gases que en estas condiciones se forman.

Calentado en presencia de gran número de óxidos metálicos los reduce á metal; pone en libertad por la misma acción al fósforo de sus combinaciones oxidadas; reduce el sulfúrico á sulfuroso, y aunque no se combina directamente con el nitrógeno, calentado el carbón con el carbonato potásico en presencia del aire forma cianuro potásico, CNK.

Reconocimiento.—La mayor parte de las veces basta su aspecto exterior para reconocerlo. Si acaso no fueran suficientes los caracteres físicos, se le fundiría con nitrato sódico, y si al tratar este producto por el ácido sulfúrico desprende carbónico, es indudable que se trata de un carbón ó de una combinación carbonosa.

(E) CONCEPTO Y DEFINICIÓN DE LA QUÍMICA ORGÁNICA

La química orgánica ha tenido por objeto durante algún tiempo el estudio de los cuerpos elaborados por los seres or-

ganizados; la formación artificial de estos cuerpos era considerada como imposible, pues debían su origen, según antiguas teorías á una energía especial que denominaban principio vital. Hoy día se producen por síntesis, partiendo de elementos inorgánicos, gran número de compuestos de carbono y muchas más especies químicas que los organismos vivos pueden elaborar. Aparte de esto, las mismas leyes y principios rigen á la química mineral que á la orgánica, y por lo tanto, queda reducida esta ciencia á un capítulo amplio y extenso de los compuestos naturales y artificiales del carbono, y si se continúa llamando á esta parte de la química impropriamente el nombre de química orgánica, es únicamente por conservar esta palabra.

La definición más sencilla y clarividente de la química orgánica es, en nuestro concepto, la que apuntamos á continuación, que dice: *que es una parte de la química que se ocupa del estudio de los compuestos que encierran carbono en sus moléculas.*

Composición de la especie química orgánica.—La especie química orgánica está caracterizada por encerrar carbono en sus moléculas (únicamente el sulfuro de carbono y el anhídrido y óxido carbónico y alguno de sus derivados se consideran como especies minerales). Muchas veces se halla constituida por dos elementos: carbono é hidrógeno, que combinados en distintas proporciones constituyen multitud de compuestos designados con el nombre de hidrocarburos. En otras existe, además de estos dos elementos, el oxígeno, y en tal caso se encuentran los alcoholes, aldehidos, cetonas, ácidos, éteres, fenoles, etc. Otras constan de los tres anteriores más el nitrógeno: amidas, óximas, etc. Y también hay materias orgánicas que contienen alguno de los elementos siguientes: Cl, Br, I, S, Ph, Zn, Hg, Ag, Fe, Al, Bi, y tales son los derivados halogenados, sulfurados, fosforados y compuestos organometálicos.

CUERPO ORGÁNICO Y ORGANIZADO

Cuerpo orgánico, sustancia orgánica ó especie química orgánica es el principio inmediato de origen natural ó la especie química análoga que sintéticamente podemos producir, y sustancia organizada es la que sólo se puede formar por el concurso de las acciones vitales. Ejemplo de cuerpo orgánico podemos citar el alcohol, ácido cítrico, urea, glucosa, y de cuerpo organizado á la célula.

Reconocimiento de la especie química orgánica.—El elemento que caracteriza á la sustancia orgánica es el carbono, y por lo tanto, es el primero que debemos investigar. Se consigue por diferentes procedimientos y reactivos, según la naturaleza del cuerpo en cuestión. Si es una sustancia sólida, basta quemarla al aire libre y luego en el residuo investigar el carbón, el cual debe tener aspecto negruzco y no debe ser asequible á los ácidos. También se puede reconocer tratando la sustancia en cuestión por el ácido sulfúrico concentrado en caliente ó en frío, y si toma coloraciones oscuras indudablemente es debido el carbón aislado por el ácido. Si es volátil se hace pasar por un tubo de vidrio poco fusible calentado al rojo, en cuyas paredes se depositará el carbón.

En algunas ocasiones es conveniente mezclar la sustancia, si es sólida, con óxido cúprico y calentar ó hacer pasar los vapores del cuerpo objeto del analisis, si es volátil, por un tubo con óxido cúprico calentado al rojo y luego en los gases desprendidos; en ambos casos en determinar el carbónico, haciéndoles atravesar una columna de agua de cal, la cual, si la sustancia es orgánica, se enturbia el líquido, debido á la formación del carbonato de cal, cuerpo insoluble.

El hidrógeno se caracteriza por la formación de gotas de agua, que se condensan en las partes frías del tubo al calentar la sustancia orgánica con el óxido cúprico.

El oxígeno es muy difícil patentizarlo cualitativamente, y por lo tanto omitimos como se reconoce.

Para descubrir el nitrógeno en los compuestos orgánicos muchas veces nos basta con quemar la sustancia al aire libre, que da en caso afirmativo olor á pelo quemado. Más leal es el procedimiento siguiente, que consiste en calcinar con potasio ó sodio el cuerpo en cuestión, y el producto de esta acción térmica disuelto en el agua, á la cual se añade unas gotas de sal ferrosa con algo de sal férrica, y por fin ácido clorhídrico, da lugar á la formación del azul de Prusia si el cuerpo contiene nitrógeno. También se puede reconocer el nitrógeno (excepto en los nitratos, nitritos y compuestos diazoicos) calentando la sustancia en cuestión con cal sodada, que da lugar á que se desprenda amoníaco, cuerpo fácilmente reconocible al olfato ó por enrojecer el papel de fenoltaleína ó azulear el de tornasol previamente mojados y puestos á la boca del tubo de ensayo.

(F) AZÚCAR

Reciben el nombre de sacarosas cuerpos de sabor azucarado que bajo la influencia de agentes hidratantes se desdoblan en dos ó más azúcares hexavalentes de funciones aldehídicas ó aldehídica y cetónica.

Así, la maltosa, $C^{12}H^{22}O^{11}$, por influencia de los ácidos diluídos que actúan como agentes hidratantes, se desdobra en dos glucosas iguales. La sacarosa da lugar por los mismos agentes á una molécula de glucosa y otra de fructosa, y la rafinosa da origen á una molécula de glucosa, otra de fructosa y una tercera de galactosa.

Las principales sacarosas son la sacarosa propiamente dicha (azúcar de caña ó de remolacha), la maltosa, la lactosa ó azúcar de leche, trealosa, melibiosa, refinosa, ramnínosa, etc.

SACAROSA: $C^{12}H^{22}O^{11}$.

Sin.: *Azúcar de caña, azúcar, azúcar de remolacha.*

Existe en la remolacha, caña de azúcar, nabos, zanahorias, dátiles, sorgo, melones, etc.

Extracción del azúcar de la caña.—Primero se somete la caña de azúcar á una fuerte presión por medio de tres grandes cilindros de fundición, que giran horizontalmente unos al lado de otros. El jugo que abandonan las cañas en esta operación recibe el nombre de guarapo. La caña prensada (bagazo), que contiene aún bastante azúcar, se suele emplear como combustible.

El guarapo es una disolución acuosa de azúcar, que además contiene cortas cantidades de ácidos orgánicos y sustancias nitrogenadas, que precisa quitar cuanto antes para evitar que fermente, y con este fin se practica la *defecación*, operación que tiene lugar en grandes calderas hemisféricas de cobre, las cuales se calientan por el vapor de agua sobrecalentado. Al guarapo se le añade algunas centésimas de cal y se le hace hervir; los ácidos transformados en sales de calcio y las materias albuminosas coaguladas por el calor suben á la superficie en forma de espumas, que se separan con espumaderas.

Una vez clarificado bastante el guarapo por este procedimiento se filtra en filtros prensas; el líquido filtrado se hace pasar á través de un gran cilindro largo lleno de negro animal, que decolora á la solución de azúcar.

Después del paso por el negro animal se procede á separar el agua del azúcar. Actualmente se hace esta operación calentando en grandes calderas por medio del vapor de agua, en las cuales se practica por medio de aparatos especiales un vacío parcial, que favorece la evaporación del líquido.

El jarabe procedente de la operación anterior se vacía en depósitos planos, en los cuales se deposita el azúcar cristalizado. Los cristales de azúcar se depuran lavándolos un poco con agua destilada. Las aguas madres se someten á una nueva cristalización, y finalmente queda la miel ó melaza incristalizable, que se destina para fabricar alcohol ó ron.

Extracción del azúcar de la remolacha.—Hoy día puede decirse que la mayor parte del azúcar que existe en el comercio procede de la remolacha, cuya riqueza en azúcar suele variar del 12 al 18 por 100. Para obtener el zumo se principia primero lavando mucho las raíces con una fuerte corriente de agua. Luego se reduce por medio de rallo de gran potencia á pulpa muy fina, y por último se la comprime dentro de sacos de crin por medio de la prensa hidráulica; el zumo que se separa viene á representar el 80 por 100 de la pulpa, y el residuo sirve de alimento para las bestias.

El zumo de la remolacha, debido á la mayor abundancia de cuerpos de naturaleza nitrogenada que el procedente de la caña, se altera con mayor facilidad y por lo tanto es indispensable hacer inmediatamente la *defecación*.

Esa operación se verifica hoy por el método de la doble carbonatación, que tiene la ventaja de operar á baja temperatura, con lo cual se evita la coloración del zumo.

Al líquido se le añade un 2 ó 3 por 100 de *cal*, cuerpo que satura á los ácidos libres y se combina con las materias gomosas y con los albuminoides, dando compuestos insolubles. El exceso de cal se une al azúcar, formando azucarato de cal. Una vez combinada la cal se hace pasar por el líquido previamente calentado á unos 80° una corriente de anhídrido carbónico, cuerpo que produce un precipitado de carbonato de cal. Esta operación se suele repetir dos ó tres veces, y por último la solución de azúcar defecado se somete á las mismas operaciones que anteriormente hemos descrito.

Tratamiento por difusión.—Hoy día tiende á ser reemplazado el procedimiento de extracción del azúcar de remolacha por presión por el de difusión. Por este método no se reducen las remolachas á pulpa, sino que se cortan en rebanadas y se ponen luego estas lonjas en maceración en agua. El azúcar atraviesa por difusión las paredes de las celdillas, quedando las sustancias de naturaleza coloide en la pulpa. El líquido

que se obtiene es una solución casi pura de azúcar, lo cual facilita mucho su defecación.

Las remolachas, cortadas en lonjas por medio de cuchillos automáticos, se las introduce en difusores dispuestos unos al lado de otros en número de 10 á 12 y comunicando entre si, de manera que el líquido que ha atravesado el difusor de arriba abajo se vierte en la parte superior del que le sigue. El agua entra fría en el primer difusor; una vez cargada con el azúcar de la remolocha pasa á un calentador, donde se la calienta á 75°, y con esta temperatura atraviesa los difusores siguientes, con lo que aumenta su riqueza en azúcar; por fin pasa por los últimos difusores calentada á unos 80°. Por este procedimiento se consigue obtener una solución de azúcar, con la que se practican las operaciones ya conocidas.

Refinación del azúcar.—El azúcar, tal como sale de las fábricas, recibe el nombre de azúcar *mascabado*, y con el fin de obtenerle completamente puro se le refina. Esta operación consta de las manipulaciones siguientes:

Primero se procede á disolver el azúcar en un tercio de agua en una caldera de cobre de doble fondo calentada al vapor; á esta solución se le añaden algunas centésimas de negro animal fino y media centésima de sangre de buey y se agita fuertemente; con esta operación se consigue separar una espuma que contiene albúmina coagulada, que arrastra al negro animal y las impurezas del azúcar. Después de separar las espumas, el jarabe pasa á la filtración. El filtro que comúnmente se suele usar es el de Taylor, que consiste en una serie de sacos de tejido velludo, con el objeto de aumentar la superficie filtrante. El jarabe, después de salir de estos filtros, pasa por tres grandes filtros cargados con negro animal en grano, y de este modo termina la decoloración del jarabe.

Este jarabe, por concentraciones en el vacío, deja depositar el azúcar cristalizado, y con el fin de evitar la formación de

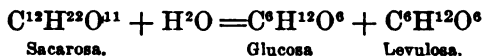
grandes cristales se remueve constantemente la mezcla y por último se deseca en estufas.

Son tan conocidos los usos del azúcar, que huelga hacerlos constar aquí.

El azúcar común cristaliza lentamente bajo la forma de prismas monoclinicos, que unidos entre sí constituyen el *azúcar cande*; es muy soluble en el agua y poco en el alcohol. Tiene poder rotativo derecho; funde á 160°, y por enfriamiento da una masa amorfa que con el tiempo deviene cristalina; calentado á 190 ó 200° da una masa oscura que recibe el nombre de *caramelo*, muy utilizado para dar coloración á los licores.

Este azúcar no fermenta directamente. La levadura de cerveza le transforma primero, debido á un fermento soluble que contiene (la invertina), en una mezcla de glucosa y levulosa, sustancias que experimentan directamente la fermentación alcohólica por influencia de la misma levadura.

La sacarosa no reduce el licor de Fehling; los ácidos y la invertina actúan como agentes hidratantes, desdoblándola en:



Se combina con la cal, barita y estronciana, dando sacaratos, y por influencia de una mezcla de ácido nítrico y sulfúrico da un tetranitrato explosivo.

(G) OPERACIONES Y APARATOS

División mecánica.—Es muy importante, si se trata de analizar un cuerpo sólido, que éste esté reducido á partículas muy tenues, con lo cual se consigue hacerle más fácilmente asequible á los disolventes.

Se practica la división mecánica ó pulverización por medio de morteros que pueden ser de fundición, bronce, latón, porcelana, vidrio, ágata, etc.

Antes de proceder á pulverizar un cuerpo hay que tener presente su dureza y sobre todo los cuerpos que se van á determinar, pues no se deberá elegir un mortero de hierro si hay que investigar este metal en el cuerpo en cuestión.

Si se trata de pulverizar cuerpos de gran dureza se suelen emplear los morteros de ágata, y en el caso de no servir éstos se acude al mortero de Abich, que consta de un pistilo de acero que se desliza por una argolla del mismo cuerpo, y ambos descansan sobre una platina también de acero; además, el aparato está resguardado por una armadura de latón ó bronce. Por medio de un gran golpe de martillo, el cuerpo que se coloca entre el pistilo y la platina se reduce á polvo.

Tamización.—Esta operación facilita mucho la pulverización de los cuerpos, pues separando las partículas suficientemente finas de las que no lo son se abrevia mucho la operación anterior, volviendo únicamente al mortero las que flotan sobre el tamiz. Los tamices pueden ser de seda, hilo, latón, crin, etc.

Porfídisación.—Esta operación no es más que una pulverización llevada á cabo en los morteros con intermedio del agua.

El modo de operar es el siguiente: una vez bien pulverizado el cuerpo, se coloca una porción de éste en un mortero de ágata y se añade agua hasta conseguir una papilla muy flúida; luego se continúa la trituration, haciendo deslizar el pistilo contra el mortero hasta que no produzca chirrido por el frote.

Disolución.—Es la unión íntima de un cuerpo cualquiera con un líquido, los cuales dan origen á un soluto líquido homogéneo.

Los disolventes se dividen en disolventes neutros, ácidos y básicos; pertenecen á los primeros el alcohol, éter, cloroformo, sulfuro de carbono, bencina, ligroína, tolueno, etc.

Se incluye entre los segundos á todos los ácidos, y corresponden á los terceros soluciones acuosas ó alcohólicas de amoníaco, potasa y sosa.

Esta operación se suele practicar en tubos de ensayo, cápsu-

las de porcelana, níquel ó platino, matraces, vasos de Bohemia, etc.

Precipitación.—Recibe este nombre la insolubilización en el seno de un líquido de una sustancia cualquiera por medio de un agente físico (calor, luz, electricidad) ó por un reactivo apropiado.

Por la acción del calor se coagula la albúmina; la luz insolubiliza á la gelatina dicromatada; la corriente eléctrica hace depositar sobre el electrodo negativo gran número de metales de sus soluciones salinas.

El hierro sumergido en una solución de una sal de cobre se recubre de este metal; el alcohol precipita los sulfatos solubles en el agua; el gas hidrógeno sulfurado separa al estado de sulfuros insolubles el mayor número de metales que al estado de sal se encuentran disueltos en el agua.

Esta operación se suele practicar en vasos, tubos de ensayo, cápsulas, matraces, etc.

Algunas veces se facilita la precipitación agitando el líquido, después de añadirle el reactivo, con varillas de vidrio (*agitadores*). Como ejemplo de este caso podemos citar la precipitación de un fosfato soluble por la mixtura magnésiana (ClNH^4 , NH^3 y $\text{Cl}^2 \text{Mg}$), que se abrevia en gran manera por la agitación, sobre todo si existen en el líquido cortas cantidades de fosfatos.

Los agitadores sirven también para separar de las paredes de los vasos los precipitados, y si éstos están adheridos se desprenden del vaso, resguardando la extremidad del agitador con caucho, recibiendo entonces las denominaciones de varillas de *zapatilla* ó *polismans*.

Decantación.—El objeto de esta operación es separar el precipitado del líquido. Esta operación se verifica haciendo deslizar el líquido lentamente á lo largo de una varilla. Generalmente se suele terminar la decantación, que tiene por objeto en el mayor número de casos lavar el precipitado, en la siguiente operación:

Filtración.—Es una de las operaciones más frecuentes en análisis, y consiste en separar por medio de una materia permeable los sólidos de los líquidos. Los filtros que se emplean son de papel, y en algunos casos particulares se utilizan para filtrar telas, tapones de amianto, vidrio molido, vidrio hilado, algodón, estopa.

La filtración puede verificarse en frío y en caliente; en el primer caso se emplean embudos comunes y en el segundo suele calentarse el embudo con un baño de maría adaptado á él, que lo envuelve por completo.

Cuando la filtración se quiere llevar con más aceleración se emplean tubos de tallo largo, y también se suele practicar esta operación adaptando el embudo á un recipiente que comunica con una trompa de absorción, la cual, haciendo parcialmente el vacío en el recipiente, pasa el líquido que está sobre el filtro con más rapidez. Siempre que se tiene que filtrar de este modo hay necesidad de colocar en el fondo del embudo un cono metálico, lleno de orificios, que suele ser de platino, cuyo objeto es el de impedir la rotura del filtro, en el sitio donde suele gravitar casi toda la presión atmosférica.

Loción.—Una vez recogido el precipitado se lava repetidas veces sobre el fitro con agua fría ó caliente, con agua amoniacal, con agua sulfhídrica, con soluciones ácidas ó alcalinas, según los casos; después de bien lavado se procede á desecarle.

La práctica de esta operación consiste en dejar primero pasar á través del filtro todo el líquido que acompañaba al precipitado; luego lavar el vaso con el líquido apropiado, cuidando de emplear siempre cortas cantidades de líquido, y después de pasar al filtro todo el precipitado se lava éste por medio de frascos lavadores, dejando agotar por completo tres ó más veces el líquido del filtro hasta conseguir que el líquido que pase no encierre nada de los cuerpos que se encontraban disueltos en el líquido del precipitado.

Desecación.—Esta operación se practica en estufas; pero ocurre á menudo que hay cuerpos que no se pueden desecar

aún á bajas temperaturas, porque fácilmente se alteran, y se les priva del agua ó de algún cuerpo volátil empleando desecadores de vidrio, en los cuales la materia desecante suele ser el ácido sulfúrico concentrado ó el cloruro de calcio fundido, que se apoderan del agua; la parafina se apodera del cloriformo; la cal absorbe el ácido clorhídrico.

Evaporación.—Tiene por objeto unas veces concentrar los líquidos excesivamente diluídos y otras eliminar completamente los líquidos volátiles para obtener un *residuo fijo*.

La evaporación se puede practicar en frío, por intermedio de desecadores ó haciendo el vacío en aparatos especiales ó por medio de estufas y desecadores, y también muy á menudo se lleva á cabo esta operación en baños de maría ó en baños de aceite ó arena.

Calefacción.—Se emplean con este objeto lámparas de alcohol, hornillos de petróleo, de gas del alumbrado ó de acetileno, mecheros Bunsen, etc.

Calcinación.—Esta operación tiene por fin calentar los cuerpos á muy alta temperatura con el objeto de separarlos completamente de ciertas sustancias, con las cuales se encuentran mezclados ó combinados.

El fostato amónicomagnésico, ya desecado en el filtro donde se ha recogido, por calcinación desprende todo su amoníaco y se quema completamente el filtro, y del pirofosfato magnésico que queda se deduce la cantidad de ácido fosfórico que la sustancia objeto del análisis contenía.

Esta operación se efectúa en cápsulas de platino ó de porcelana calentadas en hornos de mufla y también con mecheros Bunsen de gran potencia.

III

LA CONSERVACIÓN DE LAS PÓLVORAS MODERNAS*

La reciente voladura † del acorazado francés *Liberté*, ocurrida en la rada de Tolón el 25 de septiembre último, ha vuelto á poner sobre el tapete un tema de gran transcendencia para la ingeniería artillera: *la conservación de las pólvoras modernas*.

El Consejo de guerra, absolvió de toda culpa, al comandante del buque, M. Jaurés; al que, por ausencia de aquél, desempeñaba el mando, capitán de fragata M. Joubert, y á los tenientes de navío MM. Garnier y Bignau, que habían sido procesados con motivo de aquella explosión, lo que demuestra que no cabe achacar el caso á faltas en el servicio ni á la inobservancia de los reglamentos, sino que hay que buscar su origen en causas más hondas.

Tal se deduce de una reciente decisión ministerial, que ha sido publicada por la prensa francesa y que confirma las sospechas que se tenían desde el primer momento, de que la catástrofe, fué debida á la mala calidad de un lote de pólvora B ‡ (1). En efecto, M. Messimy, Ministro de la Guerra, ha

* By Lt.-Col. Severo Gómez Núñez, of the Spanish Artillery. Madrid: "Publicaciones del Memorial de Artillería," 1912.

† In this explosion 235 men were killed. This catastrophe deeply stirred the French people. Whether due to treachery or to defective powder, the matter was of the profoundest concern.

‡ This powder is supposed to be a nitrocellulose powder using a mixture of amyl alcohol and ether as solvent. Its instability has been attributed to the impurities of the amyl alcohol used, notably fusel oil.

dirigido á los Directores de las fábricas de pólvora, la siguiente circular:

“Desde hace algún tiempo se me viene informando acerca de incidentes de fabricación, que denotan, por parte de algunos agentes y obreros de las fábricas de pólvora, la mayor negligencia.

“En un establecimiento, por equivocación en la preparación de una mezcla ácida, se ha obtenido un lote de CP 2 (algodón-pólvora), impropio para la fabricación de la pólvora B; en otro, se han servido de cajas mojadas por la lluvia para el empaque de un lote de pólvora, que se hizo asimismo sospechosa; en un tercero, se vertió un saco de balines de bronce en un tonel ternario, con riesgo de provocar una explosión; otra vez, se encuentra en un tamiz de clorato de potasa puntas de hierro; en suma, parece que el personal de las fábricas de pólvora no se preocupa suficientemente de los intereses del Tesoro, de la calidad de las pólvoras y de la seguridad del personal que ha de manejarlas ulteriormente, ni aun de su propia seguridad.

“No ignoráis * que la opinión pública está dolorosamente impresionada por las catástrofes acaecidas en la Marina, y que su atención ha sido atraída hacia la posibilidad de mala fabricación en las fábricas de pólvora del Estado, sembrándose viva desconfianza. En estas condiciones, no hay duda que cualquier negligencia en la fabricación aparecerá á los ojos del público justificando esos temores.

“Importa que, sin tardar, la fabricación de las pólvoras quede al abrigo de toda sospecha.

“Exponed esta situación al personal que está á vuestras órdenes. Hacedle comprender que una fabricación tan delicada, cual la de materias explosivas, no puede sustraerse á toda sospecha, sino cuando el personal, desde el obrero al jefe del establecimiento, aportan su celo á la faena diaria, esforzándose, cada uno en su esfera, en evitar todo error.

* The second person is used here to represent the French *vous*.

“Yo no dudo que el personal de las fábricas de pólvora, cuya competencia profesional y patriotismo me constan, tendrá á honor responder al llamamiento que le dirijáis, para que la fabricación sea irreprochable.

“Los obreros de las fábricas adquirirán de ese modo nuevos títulos á mi afecto, y á la solicitud de los Poderes públicos que persiguen desde hace muchos años, la mejora continua de su suerte.

“Estoy convencido de que en adelante no se producirá ninguna falta que exija medida de represión. Si así no sucediera, me vería en la necesidad de emplear el más extremado rigor, porque ni el país ni el Parlamento admitirían medidas de indulgencia en presencia de faltas que puedan comprometer la defensa nacional.”—*Messimy*.

Por fortuna, la fabricación en nuestros establecimientos militares se lleva á un grado tan riguroso de seguridad y contraste, así en las primeras materias como en las pruebas de recepción y resistencia, que aleja toda desconfianza acerca de la estabilidad y conservación; mas no por ello debemos dejar de mirar con el mayor cuidado, lo que se refiera á este asunto, estudiando detenidamente cuantos casos desgraciados se presenten en el extranjero y tomando buena nota de lo que acerca de ellos vaya publicándose. Ese es el objeto del presente artículo.

Las modernas pólvoras no son, como las antiguas, mezcla de ingredientes (azufre, salitre y carbón), que también se alteraban por disgregación del empaste, por florescencia, por ablandamiento debido á la humedad, ó por desmoronamiento ocasionado por la excesiva temperatura; en tales estados, aún hemos visto los artilleros que vamos siendo viejos, y que hemos tenido á nuestro cargo *asoleos* y clasificaciones de pólvoras negras, los depósitos de polvorín desprendido de los paquetes, y las blanquecinas muestras de nitrato de potasa asomando por las juntas de los cajones, sin que por eso se diera

por inútil toda la existencia de un almacén, ni se condenase como peligrosa la materia en conjunto, sino considerándola simplemente susceptible de una merma, que decretaba la separación de la parte averiada, aunque alguna vez en estas faenas aconteciese la explosión, mejor dicho, la inflamación del conjunto, con la consiguiente muerte de algún compañero ilustre y de varios de sus artilleros subordinados.

No son éstas *las pólvoras modernas*: son compuestos químicos, específicos nuevos producidos por reacciones de agentes químicos sobre otros cuerpos simples, cual la celulosa en forma de algodón que, al ser atacada por el ácido nítrico, da nacimiento á la nitrocelulosa, y luego ésta, disuelta por el éter, produce una sustancia viscosa, coloide, que, desecada y prensada, expulsa el exceso de disolvente y se convierte en una materia córnea, que se trocea en granos ó se comprime en forma de cuerda, de tubo, en cualquier otra estructura que el artillero necesite para sus fines balísticos.

Descender á los pormenores de esa fabricación y detallar todas las variedades que la industria ha lanzado al mercado en pólvoras y explosivos, sería tarea larguísima que absorbería muchos miles de páginas, diseminadas en multitud de libros muy conocidos en el mundo científico militar. Entre nosotros, el asunto está profundamente estudiado y descrito en las obras del eminente coronel Aranz, del comandante Garrido y de otros artilleros.

Guíanos, por tanto, un propósito más modesto; el de que queden registradas en el MEMORIAL DE ARTILLERÍA cuantas noticias lleguen á nuestro conocimiento relacionadas con lo que, en el caso á que al principio aludimos, se escribe en Francia, en punto á conservación de las pólvoras modernas, porque en esos momentos de adversidad, es cuando más se discurre ó se propone para evitar los riesgos en el porvenir, contra los cuales bueno será siempre precaverse.

La razón del peligro.—Es natural que los explosivos sean

cuerpos peligrosos, de manejo difícil y de conservación delicada.

No impunemente puede pretenderse por el hombre—dice L. Houllévigne—aprisionar tan grande fuerza en un pequeño volumen. La ciencia tiende á *domesticar la fiera*; pero alguna que otra vez, la fiera se enfurece y da un zarpazo. Además, demandamos de los explosivos tantas cosas distintas, que necesariamente ha de haber numerosas especies: el que sirva, por ejemplo, para hacer estallar la envuelta de un torpedo, produciendo un gran desmenuzamiento del obstáculo que se opone á su combustión, no serviría para resquebrajar las rocas de una cantera, ni para operar en una mina grisutosa; ni para carga impulsiva de un proyectil arrojado por un cañón. Tienen los explosivos muy distintas aplicaciones, y por eso existe gran variedad de ellos. Pero todos ofrecen un carácter común: el de utilizar una reacción química que desarrolla mucho calor y gran volumen de gases, y actúan merced á la fuerza expansiva que estos gases toman á alta temperatura. Entonces la energía, representada en forma calorífica, se transforma en trabajo mecánico sobre el obstáculo que se oponga á la expansión. Fenómeno análogo ocurre en los motores de los automóviles, que por eso se llaman motores de explosión. Un kilogramo de algodón-pólvora da, al quemarse, 1.100* calorías y 800 litros de gases á la temperatura ordinaria, sin tomar en cuenta el vapor de agua. Un kilogramo de nitroglicerina produce 1.600 calorías y 500 litros de gases, medidos en las mismas condiciones.

El trabajo y la potencia.—Son dos cosas distintas el trabajo y la potencia de los explosivos y, sin embargo, más de una vez se confunden. La potencia depende en gran parte, del tiempo que dura la explosión, ó sea, del tiempo en que se aplica el trabajo, que á veces se reduce á la milésima de segundo. Cuanto más pequeña sea la duración de la explosión, más

* The point here serves to mark off the thousands from the hundreds. It is not the decimal point.

violentos serán los efectos mecánicos. De aquí la diferencia entre los explosivos que actúan por choque y los que actúan por presión. Realmente, el choque es una presión súbita, instantánea, en la cual el calor bruscamente producido no tiene tiempo de difundirse al exterior y todo él es absorbido por los gases, cuya temperatura crece de un modo enorme, pasando frecuentemente de 2.000° . La explosión, en este caso, toma el nombre de detonación, y el explosivo que así actúa produce efectos *rompedores*. Si la explosión es más lenta, los efectos serán menos violentos.

De esa duración depende, pues, la clasificación de los explosivos. Un explosivo muy fuerte, muy instantáneo, aplicado á la carga de un barreno, pulverizaría las capas en contacto con él, sin que los efectos se extendieran mucho; con menor instantaneidad en la explosión, los efectos penetrarían más en la masa, resquebrajándola; y retardando aún la duración de la explosión, se lograría producir efectos más regulares, cual, por ejemplo, la impulsión de un proyectil; en este caso, ya se sabe que la duración de la combustión debe ser igual al tiempo que tarda el proyectil en recorrer el ánima del cañón, para que el efecto sea el máximo. El problema de los explosivos, en punto á trabajo y potencia, consiste, por lo tanto, en regularizar la explosión, de modo que dure un determinado tiempo.

Pólvoras antiguas y pólvoras modernas.—Las pólvoras antiguas arden por *deflagración*. Una temperatura de 300° aplicada á cualquier parte de su masa, la inflama, y el calor desarrollado comunica la combustión á los puntos cercanos, siguiendo corriéndose al resto, más bien por los gases incandescentes producidos que por la combustión de la masa misma, por ser ésta mala conductora del calor. De modo que se puede alterar la velocidad de combustión, dificultando la difusión de los gases. Un grano de pólvora comprimida arderá con lentitud, pero si presenta intersticios ó canales por donde penetren los gases, aumentará su velocidad de combustión.

El régimen de descomposición de los explosivos y pólvoro-

ras modernos es muy diferente. Si se aplica un fósforo á un pedazo de dinamita colocado sobre una chapa de hierro, arderá como una luz de bengala, lenta y progresivamente; pero si á ese trozo de dinamita se le hace sufrir un choque violento, ya sea por un golpe de martillo ó por una cápsula de fulminato de mercurio, la descomposición será muy rápida y entra en la categoría de *detonación*. Cabe medir la velocidad de la *onda explosiva* rellenando con dinamita un tubo largo de estaño, atravesado de trecho en trecho por conductores metálicos; la ruptura de cada uno de éstos ocasionará la interrupción de corrientes eléctricas, registrándose los tiempos sobre un cilindro giratorio, y así se encuentra, que en la dinamita, la *onda explosiva* corre á razón de 3 km. \times ",* y de 7 kilómetros en la trilita,† velocidades inusitadas en comparación con las que daban las pólvoras negras antiguas.

Es fácil formarse idea de la forma de actuar la onda explosiva por compresión, consideando que, si un cuerpo sólido ó gaseoso se comprime, se calienta; si este cuerpo es explosivo, al llegar el calor á la temperatura necesaria para su descomposición, la parte comprimida hará explosión; pero entonces los gases producidos acumulados y sin salida, comprimen las partes próximas, y éstas se calientan y descomponen á su vez; de modo que la compresión se irá transmitiendo á toda la masa, no siendo el calor de los gases el que ocasiona la súbita explosión, ó sea la detonación, sino el calor de compresión. Una gran cantidad de explosivo, puede de este modo llegar á descomponerse en algunas milésimas de segundo, no siendo indispensable la continuidad de la masa para que se transmita la onda explosiva. Varios cartuchos de dinamita, separados entre sí 30 cm., irán detonando si se hace explotar al primero, porque la onda explosiva se transmite de uno á otro á través del aire, es decir, por compresión del aire.

Peligros en el manejo y en la conservación.—Los explosivos,

* i. e., 3 K. per second.

† The exact composition of this explosive is unknown.

desde el aspecto de su aplicación industrial, son prácticamente manejables. Diariamente se consumen muchos miles de toneladas, manipuladas por manos poco expertas, sin que menudeen los accidentes.

Pero el problema militar, es de otra clase. No sólo abarca el manejo, sino el aprovisionamiento, el almacenaje. La guerra obliga á llevar á bordo de los buques de combate, ó en las cajas de municiones de las baterías, ó bien á acumular en almacenes gran cantidad de pólvoras y explosivos.

Su empleo, es más difícil y está sujeto á más apremiantes exigencias en los usos militares que en las aplicaciones industriales y, por otra parte, las consecuencias de cualquier accidente, pueden acarrear consecuencias mucho más graves en los primeros que en las segundas.

Además, la extensión á la guerra de los modernos explosivos ha dado lugar á que se inventen combinaciones especiales, dóciles á los cálculos de la balística y de la resistencia de materiales, pero en las cuales hay que atender á la condición de seguridad desde el punto de vista de la conservación y de la *estabilidad química*.

La nitrocelulosa.—Entre esos explosivos modernos, hay uno que ha dado nacimiento á numerosas variedades, el *fulmicotón* ó *algodón-pólvora*, que se obtiene nitrificando el algodón común.

Una vez iniciada la transformación de los explosivos de simples mezclas en productos químicos, le ocurrió á un químico eminente, M. Vieille, la manera de utilizar el *algodón-pólvora* para la carga de proyección de los proyectiles, como ya antes se había utilizado para la carga de los torpedos, á un grado de humedad determinado, porque seco resulta sumamente sensible y peligroso.

Se trataba de transformar este cuerpo en una materia susceptible de deflagrar, sin detonación violenta que comprometiera la resistencia del cañón, y M. Vieille, en 1884, discurrió convertirlo en una sustancia *coloidal*, disolviéndolo en un líquido volátil, mezcla de éter y alcohol, acetona ó acetato de

etylo, que lo deja, después de evaporado parcialmente el disolvente, reducido á una pasta fácil de amasar, y que cuando aún se halla blanda, se lamina y trocea en la forma que se quiera; después se seca á 40°; para eliminar el exceso de disolvente, que se recoge, condensa y aprovecha, quedando una materia de aspecto córneo, de la misma constitución química que el fulmicotón empleado. Sus ventajas son: poder reducir la carga y acrecer la velocidad de los proyectiles sin aumentar por ello la presión, y, además, no producir humo ni dejar residuos que ensucien el arma.

La pólvora B francesa, designada con esta letra porque se adoptó en tiempo del General Boulanger, es de las llamadas *coloidales*, de nitrocelulosa pura. Esa clase es la reglamentaria en España, fabricada en Granada, y la emplean, asimismo, muchas naciones. Los ingleses aplican la *cordita*, constituida por una mezcla de nitroglicerina y nitrocelulosa, que, á cambio de producir algunos efectos corrosivos y mayores temperaturas, posee condiciones balísticas que la recomiendan. En todas partes se pone gran empeño en perfeccionarlas y en conservarlas en pleno vigor y estabilidad.

Inestabilidad química.—El radoubage.—La difenilamina.—El principal enemigo de estas pólvoras, tan extendidas, es la *inestabilidad química*. El tiempo, la temperatura excesiva y la humedad, ó esas causas combinadas, pueden llegar á cambiar su aspecto homogéneo y translúcido: la superficie se cubre entonces de manchas opacas; hay á la vez desprendimiento de gases nitrados, y si la descomposición avanza, llega á un grado en que se produce elevación de temperatura y acontece la inflamación: arden entonces sin detonar al aire libre, mas si esa combustión tiene lugar en un espacio cerrado, donde exista gran cantidad de pólvora, el desprendimiento de gases aumenta la presión y sobreviene la explosión.

La más eficaz defensa contra ese peligro estriba en la escrupulosa fabricación, que tiene que arrancar del esmero en la elección y preparación de las primeras materias. Nuestra

Fábrica de Granada, lleva esa fase del problema á un límite riguroso, verdaderamente digno de aplauso.

La estabilidad se garantiza con pruebas de laboratorio. Son las pólvoras, según se ha dicho, productos químicos, y su proceso fabril tiene que ir constantemente acompañado del análisis. En Francia consisten, por regla general, esas pruebas, en colocar una pequeña porción de pólvora, 10 g., en un tubo de ensayo, sometiéndola á 110°, y anotando qué tiempo tarda en descomponerse, emitiendo vapores nitrosos que colo- rean de rojo el papel tornasol; ese tiempo es el que denominan *vida de una pólvora á 110°*, y por ley de correlación deducen, que la vida de esa pólvora *en horas á 110°* es equivalente á su vida *en días á 75°* y á su vida *en meses á 40°*. Tal regla em- pírica salta á la vista que es muy insegura. Procedimiento análogo se sigue en Inglaterra, variando más ó menos la tem- peratura ó el tiempo de prueba, y aplicando como reactivo de- nunciador el papel yodurado potásico, que toma color pardo claro por la acción de los vapores azoados. Otras naciones, entre ellas España, usan el papel al yoduro de cinc, que re- emplaza con ventaja al de yoduro de potasio y está exento de los inconvenientes que aquél tiene. Para las pólvoras á base de nitroglicerina, se somete el explosivo á la temperatura de 72° en un tubo al baño; si se altera su estabilidad antes de quince minutos, no es admisible.

Llegado el caso de resultar averiada una partida de pólvora, haciéndose, por tanto, peligrosa, lo mejor es inutilizarla.

Los procedimientos para aprovecharla ó resanarla, son in- eficaces. En Francia se ideó un sistema de aprovechamiento de las pólvoras averiadas, sometiéndolas á una operación co- nocida por el *radoubage*,* que consiste en disolverla y aplicar- la otra vez las subsiguientes operaciones de fabricación, cual si se tratara de una pólvora nueva. La dura experiencia, ha hecho comprender que esas precauciones eran insuficientes.

* A French word signifying working over of old or defective powder, to bring it up to standard again.

Después de la catástrofe del *Jena* se ideó un nuevo procedimiento: el de incorporar á la pólvora determinada cantidad de *difenilamina*, substancia orgánica que absorbe instantáneamente los vapores azoados y se colora de amarillo. Con esa adición, por un lado se detiene la acción de los vapores nitrosos sobre las partes de nitrocelulosa que estén sanas y, por otro, el cambio de coloración delata la descomposición química. Esta pólvora, modificada, se conoce en Francia con el nombre de pólvora B. O., reglamentaria desde 1910; pero M. Vieille, en recientes declaraciones con motivo de la catástrofe del *Liberté*, ha mostrado poca fe en esa pretendida inmunidad debida á la difenilamina. El empleo de la difenilamina, como reactivo de pruebas de estabilidad para servir de testigo de la descomposición química, lo proponíamos, hace años, en el *Manual de Explosivos*, después de ensayos practicados en el Taller de precisión y Laboratorio de Artillería, en compañía del experto químico hoy comandante D. Adolfo Tolosa.

Sistema racional de investigación.—Ante todo, de poco servirían las precauciones en el almacenaje si la fabricación es defectuosa, porque una pólvora mal hecha llevaría ya en sí el germen de la *enfermedad*, y aunque no se descubriesen sus síntomas al principio, aunque respondiera á todas las pruebas al salir de talleres, podría, andando el tiempo, descomponerse y hacer explosión cuando mayor fuera la confianza que inspirase.

La Comisión que ha entendido en investigar las causas de la catástrofe del acorazado *Liberté*, declaró oficialmente “que no encontró ninguna huella de que la voladura hubiese sido intencional, y descartó en absoluto la hipótesis de que el incendio haya precedido á la explosión. Culpa el origen, á la inflamación espontánea de la pólvora, y reconoce que se habían observado todas las reglas de vigilancia y conservación; no obstante, afirma que es preciso que se apliquen determinadas mejoras en las instalaciones actuales. El Almirante

Bellue, que presenci6 la explosi6n desde el puente del aco-razado *Patrie*, dice al transmitir ese dictamen que, en su opini6n, no ha lugar 6 deducir ninguna responsabilidad del personal de 6 bordo.

R6pidamente, los Ministros de la Guerra y de Marina de Francia, MM. Messimy y Delcass6, dieron un decreto nombrando una Comisi6n para que proponga la manera de garantizar la conservaci6n de las p6lvoras en servicio. Esta Comisi6n tiene 6 su cargo el estudio de la *mejora de la fabricaci6n de los fulmicotones y de las p6lvoras; la comprobaci6n 6 intervenci6n de la fabricaci6n por los representantes de los servicios consumidores (ej6rcito y armada); la fijaci6n de las pruebas de recepci6n de los fulmicotones y de las p6lvoras; las condiciones de conservaci6n de las p6lvoras en almacenes; los procedimientos para asegurar la vigilancia, y las pruebas de seguridad (estabilidad qu6mica).*

Hay que tener en cuenta que en Francia, el a6o 1903, se inici6 el m6todo de concurrencia del aprovisionamiento por subasta; as6 que de esa Comisi6n, de la que es presidente M. Haller, miembro del Instituto, y vicepresidente el General Lucas, presidente 6 su vez de la Comisi6n de p6lvoras de Versalles, de esa Comisi6n, dec6amos, forman parte las siguientes personas, en representaci6n de los diversos intereses que en el servicio intervienen:

Por el ramo de Guerra, el teniente coronel de Artiller6a Lepidi y el jefe de escuadr6n de Artiller6a Mochot.

Por el de Marina, el capit6n de nav6o Schwerer y el ingeniero naval de segunda Bourgoin.

Por los servicios de fabricaci6n, el ingeniero jefe de primera clase Barral y el ingeniero de primera clase Ribaillier, los dos de *Poudres et Salp6tres*.*

* The *Poudres et Salp6tres* is one of the subdivisions of the French War Department, dealing with technical questions relating to explosives, and having general charge of their manufacture.

Y por la industria, el teniente coronel Hondaille y el ingeniero civil Henry Brunet.

Mejoras en la fabricación.—El plan sometido á tan sabia Junta, reviste singular interés y merece que lo sigamos los artilleros con inmensa atención, aún tratándose de cuestiones ya estudiadas.

Desde luego, ataca al origen del mal, á los defectos en la fabricación, de la cual allí se desconfía.

La primera materia, el *fumilcotón*, se presta á grandes diferencias, según sea su grado de nitrificación. Menos nitrado, sirve para fabricar la seda artificial y la celuloide; más nitrado se aplica á las pólvoras; pero sobre todo la pureza, el lavado para expulsar los restos de reactivo, son de principal transcendencia. Acerca de esto, las fábricas tienen en práctica los necesarios elementos de comprobación; la cuestión es aplicarlos con escrupulosidad y conciencia.

Después, en el resto de la fabricación, no hay que omitir gasto ni sacrificio, aunque *cueste algo más*, para que el producto sea estable, exagerando las pruebas de recepción por todos los medios de laboratorio, y sometiendo escantillones á los agentes atmosféricos que asemejen las cosas á la práctica de los servicios á que ha de responder la pólvora en sus aplicaciones.

Existen en todas partes instrucciones precisas que deben llevarse con el mayor rigor. En nuestra Fábrica de Granada, citada como modelo por artilleros extranjeros, y en los Parques donde se conservan las municiones, están en uso las más rigurosas pruebas de acidez, estabilidad, explosión, resistencia, humedad, disolvente, que deben reunir las pólvoras de guerra, sujetas á reglamentación muy restringida. No por ello debemos dejar de atender con cuidado solícito á las investigaciones de esa Comisión francesa, que pudiera descubrir algún reactivo altamente sensible que supere á los actuales, para delatar la descomposición. Es posible que adquiera

ra preferencia la difenilamina. De todos modos, esta parte del problema no ofrece obstáculos difíciles de superar.

Enseñanzas recientes.—De lo ocurrido recientemente en Francia, se deducen consecuencias dignas de ser meditadas. El origen de la actual alarma es el siguiente:

Un ingeniero, M. Maissin, director desde 1907 de la fábrica de pólvora de Pont-de-Buis (Departamento de Finisterre), acusó á su predecesor, M. Louppe, director de la fábrica de Moulin-Blanc, también enclavada en Finisterre, de haber cometido alteraciones en la fabricación de las pólvoras de 1906, y más precisamente de haber reamasado (*radoubage*) pólvoras viejas y haberlas suministrado á la marina, sin marcarlas con las letras R. M. significativas del *radoubage*. Estas eran las que, según la Comisión investigadora, explotaron en el *Liberté*. El Ministro de Marina ha ordenado el desembarque de todas las pólvoras de lotes semejantes al que contenían los paños del *Liberté*, ó sea todas las de fabricación anterior á 1905, y las provenientes de Pont-de-Buis, de febrero y julio de 1906 y enero de 1907, y también las que tengan más de cuatro años de fabricadas. Los franceses daban para duración de las pólvoras siete á ocho años, y con el *radoubage*, otro tanto más. Las dos medidas mencionadas parece que ya se han realizado.

Concretaremos la cuestión en la forma que sigue:

La descomposición é inflamación de las pólvoras, puede proceder, de mala fabricación ó de mala conservación. En Francia, la fabricación corre á cargo del ramo de Guerra, y la conservación, del de Marina en la gran cantidad que necesita para sus barcos. Dícese que se conservaban bien, con todas las reglas, y hay quien, según hemos visto, acusa de que se fabricaban mal.

Dentro de esas dos tendencias, queda materia para todos los gustos, y con ese motivo, se van haciendo públicas opiniones muy originales y datos muy interesantes, que debemos examinar como elementos de enseñanza práctica.

En el informe (publicado recientemente) del General Gaudin, director del servicio de *Poudres et Salpêtres*, acerca de las denuncias de M. Maissin, se lee lo siguiente:

“Yo estoy de acuerdo con el ingeniero en jefe (M. Maissin) sobre la mayor parte de las cuestiones (se refiere á pruebas de estabilidad y á defectos de fabricación):

“1.º Emplear en la fabricación únicamente primeras materias, todo lo más puras que sea posible (algodón, alcohol, éter, ácidos, etc.).

“2.º Influencia de la estabilidad propia del algodón-pólvora, sobre la estabilidad de la pólvora B que con él se fabrique.

“Desde muchos años ha sostenido el servicio de artillería, que la primera condición para obtener una pólvora estable, era no emplear en su fabricación sino algodón-pólvora estable.

“3.º Necesidad de adoptar para las pruebas de estabilidad de los algodones-pólvora y de las pólvoras B, procedimientos que den resultados más exactos que los actuales.

“Desde 1889 había hecho constar la artillería, según ensayos practicados, que, sin variación sensible en los resultados, era posible agregar á una muestra bien conservada 10 por 100 de pólvora en mal estado. *Poudres et Salpêtres* dice que era exagerado el 10 por 100, pero admite el 5 por 100.

“De todos modos, prueba esto la deficiencia de las pruebas actuales y la necesidad de sustituirlas por procedimientos más seguros.

“4.º Necesidad de una intervención comprobatoria de los servicios consumidores sobre la fabricación de las pólvoras que se les asignen.”

El Ministro de la Guerra, en 1900, pedía pólvoras para la Marina susceptibles de soportar en perfecta estabilidad un clima húmedo, en constante movimiento y á temperatura de pañoles que sube á veces á 30 y 35°, con posibilidad de llegar á 40.

Parece que se pide un tipo para el ejército y otro para

la marina, el primero de nitrocelulosa y el otro de nitroglicerina, como Alemania, Japón, Brasil y Argentina.

Y al lado de esas ideas, descuellan principios de índole verdaderamente útil y convincente, cual, por ejemplo, el que sigue:

“Toda carga introducida en un cañón debe descargarse por la boca. Si es imposible, debe aguardarse una hora antes de abrir el cierre y mandarla á la Dirección de Artillería antes de ocho horas. Si no se puede hacer eso, arrojarla agua ó ponerla en sitio donde no ofrezca peligro.”

Se considera que las cargas puestas en un cañón en fuego sufren una elevación de temperatura. Al cesar el fuego, si una carga de éstas se saca y se lleva al pañol, puede haber sufrido un principio de disgregación que podrá ocasionar la catástrofe.

Pero la medida más esencial, entre las que se proponen en Francia, radica en dar carácter militar á la fabricación, renovar el personal encargado de la vigilancia de ésta, organizar la intervención de las fábricas por los servicios consumidores y *militarizar el personal de ingenieros de “Poudres et Salpêtres.”*

Ya el Almirante Jaureguiberry abogó, á raíz de la catástrofe del *Liberté*, por la necesidad de que la fabricación corriese á cargo del Estado.

Esto comprueba una vez más, que los accidentes, no proceden tanto de *vejez* de las pólvoras, como de los defectos que encierran al salir de fábrica, aparte de que se conserven bien en almacenes durante su tiempo de vida de servicio. Es, sin embargo, lógico asignar á las pólvoras un plazo de duración, ya sea el de cuatro años, que fijan los alemanes y al que parece se inclinan los franceses, ó bien el que la experiencia señale prudencial, sin que quepa alargarlo por el *raison d'être* ni por ningún otro paliativo.

Sistema de almacenaje.—Polvorines y pañoles.—En el almacenaje estriba, á nuestro parecer, uno de los mayores peligros de alteración ó descomposición de las pólvoras modernas.

Parece lógico suponer que las pólvoras y explosivos, cuan-

do salen de las fábricas clasificadas como útiles, con todas las garantías del Laboratorio después de sometidas á rigurosas y repetidas pruebas, merezcan suficiente confianza; pero de poco serviría eso si, luego, una materia de por sí tan delicada y propensa á la descomposición, no se atiende y vigila escrupulosamente y se almacena en condiciones de perfecta seguridad.

Los *polvorines* de las baterías, los *pañoles* de los buques de guerra, ¿ se da á esos locales toda la importancia que requiere la conservación de las pólvoras modernas? Son enemigos de ellas, que favorecen y aceleran su descomposición, el calor y la humedad; ¿ en qué grado se acondicionan los almacenes para prevenir los efectos destructores de esos agentes?

Tomando por ejemplo los barcos, que es donde se han atendido más las medidas precautorias, se procura aislar los pañoles rodeándolos de doble tabique de amianto, recubriéndolos interiormente de suela, dándoles luz de seguridad, separándolos todo lo posible de las carboneras, dotándolos de un sistema de refrigeración y ventilación por inyección de aire frío y, por último, disponiéndolos de tal suerte que puedan inundarse con rapidez por una potente vía de agua, que se maneja desde el exterior. Eso sin contar los reactivos colocados en las cajas, para delatar, espontáneamente, la presencia de vapores nitrosos, las pruebas periódicas y frecuentes de estabilidad, los termómetros automáticos de alarma y los termómetros é higrómetros registradores. No debe dudarse que todo eso se observa y se vigila. Sin embargo, sucédense los siniestros; en la mayor parte de los Estados han ocurrido algunos; en las escuadras francesas con alarmante frecuencia.

Ello demuestra, que hay que hacer más. En el caso del *Liberté*, por ejemplo, nos hacen saber los periódicos franceses que, á pesar de ser un barco modernísimo, con todos los adelantos especiales, el mecánico principal, Lestiu, no logró inundar los pañoles, á pesar de sus esfuerzos, porque el calor y los gases desprendidos de la deflagración inicial, el humo espeso, deletéreo, asfixiante, impedía llegar á las válvulas de

anegamiento, y el incendio pudo, por esto, continuar, hasta producirse la terrible explosión final. Colocar esas llaves en punto más accesible, no da seguridad, porque no se sabe por dónde puede venir el peligro.

Nuevos sistemas de inundación.—Acerca de este extremo, escribe un antiguo oficial de la marina francesa lo que sigue:

“Si el sistema de inundación de los pañoles es el que se seguía hace diez años, cuando yo aún me hallaba en servicio activo, no es posible anegar esos locales una vez declarado un incendio, por pequeño que éste sea. El agua llega á los pañoles por su propio peso: según sea la profundidad de situación de éstos, puede variar la presión de 600 á 700 gramos; de modo que si la presión interior, á causa de los gases de la primera deflagración, es superior á 600 ó 700 gramos, no entrará agua ó entrará muy poca, y no se podrá producir la inundación total ni extinguir el incendio, y llegará la gran explosión.”

Pero aún sin contar con eso, será imposible la inundación, porque es lógico suponer que la primera deflagración, habrá destruído los tabiques del pañol donde se produjo; la prueba de ello, es que los gases se salen y esparcen y, por lo tanto, ya no será el local estanco y no se podrá anegar. En consecuencia, los procedimientos actuales de inundación adoptados en los buques de guerra son ilusorios desde el momento en que se inicia un fuego en los pañoles, porque esos procedimientos no han obedecido á la idea de evitar la explosión dentro de los polvorines, sino al contrario, tienden á protegerlos contra un incendio exterior. Son *preventivos* y no *curativos*: sólo podrán impedir que un incendio exterior caldee las paredes de los pañoles y provoque la explosión de las pólvoras que contienen, y eso cuando puedan funcionar las válvulas y demás organismos *ad hoc*. Esta precaución, ese sistema, será siempre, insuficiente, por lo menos.

Entre las proposiciones que han salido á la publicidad, para remediar tan graves defectos, las hay con tendencia á colocar

las manivelas que abren las válvulas de anegamiento en sitio accesible á todos, dotándolas de algún aparato de seguridad, que impida manipularlas por inadvertencia.

Inundación automática.—Mas ese método, no se considera tan eficaz como el de la *inundación automática*, que consiste en que el mismo calor producido por la descomposición de la pólvora, dentro de un almacén, sea el que provoque la entrada abundante de agua que lo inunde casi instantáneamente antes de que la temperatura sea bastante para producir la explosión.

A este propósito, dice M. de Kerraoul, oficial de la artillería francesa retirado: “Es de toda necesidad disponer para la inundación de los almacenes de pólvora medios rápidos y seguros, los cuales no puedan ser entorpecidos por el incendio: es preciso que el incendio mismo, la temperatura aumentada que le da origen, produzca la inundación antes de que acontezca la explosión.” El sistema que propone es el que sigue:

Un tubo de toma de agua, de mucho diámetro, capaz de llenar el almacén en poco tiempo, debe abocar al mar, bastante más abajo de la línea de flotación; la otra extremidad estará en comunicación con el suelo del almacén, cerrando la entrada una válvula de contrapeso, el cual será de una materia especial, dispuesta de tal modo, que, cuando la temperatura interior del almacén suba á un grado prefijado, desaparezca el contrapeso, se abra la entrada y el agua invada torrencialmente el local, llenándolo. Así, el calor mismo detendrá la explosión. La pólvora, al empezar á descomponerse, desprenderá calor, y antes de que éste suba al grado necesario para producir la explosión, funcionará la válvula automática.

Y ya discurriendo en ese sentido, se propone establecer una circulación continua de agua fría, en torno de los paños, algo así como encerrar el polvorín en una envuelta de agua refrigerada, y disponer en varias partes del tabique interior, grandes placas de una materia fusible á baja temperatura, que

al alcanzar ésta, desaparecieran y dejaran entrar el agua por las aberturas así formadas. De manera, que la descomposición de la pólvora misma, daría el recurso para conjurar el peligro. Pensamos que esa idea es práctica y que no tardará en ser aplicada con éxito.

La vigilancia constante.—Todo eso, en cuanto se contrae á admitir como circunstancia *fatal*, irremediable, que la descomposición de las pólvoras es cosa descontada y segura. El fabricante, el artillero, el consumidor, no pueden ni deben conformarse con ese fatalismo. Hay que buscar medios de evitarlo, al menos dentro de un plazo largo de *vida de servicio*, durante el cual estén en plena utilidad.

Nada existe que no envejezca y no se altere con el tiempo: las pólvoras y explosivos no pueden escapar á esa ley.

Partiendo de este principio, es preciso vigilar constantemente el estado de las pólvoras almacenadas. Algunas naciones fijan plazos de vida en servicio para las pólvoras á base de nitrocelulosa y nitroglicerina, que fluctúan entre tres y cuatro años imponiéndose el sacrificio pecuniario de ir substituyéndolas por otras de fabricación más reciente. Todos esos sistemas no dudamos que sean convenientes y que disminuyan las probabilidades del riesgo, pero no lo descartan por completo. Nada hay que pueda garantizar, que no se produzca una descomposición rápida antes de llegar la pólvora al término de su vida oficial. Ni tampoco sirve de defensa contra ese peligro, la inundación automática de los almacenes en tiempo anterior á la explosión, porque, ¿quién puede evitar una descomposición súbita que no dé lugar á la fusión de esas placas de seguridad que se preconizan?

El único recurso, el más útil, es el de la vigilancia constante de los almacenes. Es claro que esa vigilancia no puede extenderse á toda la pólvora, fibra por fibra; pero cabe, dentro de lo posible, establecer la inspección caja por caja ó cartucho por cartucho, ó al menos en cada serie de cartuchos de la misma clase ó de la misma época de fabricación, colocados en la

misma caja ó empaque estanco. Existe un aparato indicador de las modificaciones de la pólvora, inventado por M. Bouchand-Praceig. Es un *avisador-denunciador*, susceptible de colocarse, no sólo en las cajas que contengan cartuchos cargados, sino acaso en las mismas vainas metálicas, y consiste en un disco transparente de cristal, cuya cara interna, en contacto con la atmósfera de la caja ó de la vaina que contenga el explosivo, esté coloreada de tal suerte, que el color sufra un cambio muy visible en el momento en que la pólvora se descompone. El color del reactivo que recubre interinamente ese vidrio, no experimenta modificación alguna por las emanaciones de éter y alcohol, normales en la pólvora, pero en el instante en que dentro de la caja ó del cartucho empieza el desprendimiento de vapores nitrosos, aunque sean muy escasos, cambia la coloración y se ve desde el exterior ese cambio indicador del peligro. El cristal ha de tener una parte de su superficie al abrigo de los vapores, de modo que sirva de testigo para apreciar, sin duda alguna, las modificaciones de la coloración de la materia. Toda caja ó cartucho en que aparezca el cambio de coloración, debe retirarse inmediatamente del almacén ó del pañol que la contenga.

Desde luego, esas precauciones ocasionarán gastos de personal, gastos de investigación, pero tales gastos representan economía, porque, con un solo accidente que eviten, habrán ahorrado un caudal en dinero y en vidas, sin contar con otros posibles perjuicios materiales y morales.

Ancho campo queda donde proyectar en ese género de medidas precautorias, que no excluyen á las demás hoy usuales, antes bien, las completan.

Los polvorines en tierra.—Aunque en las plazas y baterías terrestres, no se repitan tanto las explosiones espontáneas como en los buques de guerra, no por ello merecen menos atención sus polvorines y almacenes.

Cuanto queda dicho, es aplicable y necesario para el buen servicio en fuego y la debida conservación de las pólvoras y

explosivos destinados á los cañones y fusiles del ejército de tierra.

Los polvorines generales, los repuestos de las baterías, exigen igual entretenimiento y vigilancia.

No deben faltar en ellos ni la refrigeración por inyección de aire frío, ni la inundación automática, ni la aplicación de los reactivos reveladores automáticos, ni los termómetros avisadores, ni las pruebas constantes de estabilidad; nada de cuanto se conozca ó se invente en esta parte esencialísima del servicio del material de guerra, es digno de desprecio; al contrario, ha llegado el caso de aplicar á la artillería terrestre, los grandes elementos auxiliares que reclaman los modernos mecanismos constitutivos de su material admirable y potente. Entran hoy en la dotación de las baterías, así de costa, plaza y sitio, como de campaña y montaña, proyectiles cargados con explosivos rompedores muy inertes (cual nuestra *trilita*, producto de la nitración del toluol y la *picrinita*, que es el trinitrofenol), que ofrecen seguridad, pero no están exentos de detonar en caso de que un fuego aumente en los almacenes la temperatura y la presión, sobre todo, nunca hay que confiar demasiado en la inercia de estos compuestos químicos; pero, además, siempre quedan como materia peligrosa las grandes cantidades de nitrocelulosa que se aplican á cargas de proyección, y no huelga extremar las precauciones.

A ello obligará aún más, en lo sucesivo, el progreso de los dirigibles y aeroplanos y su aplicación para lanzar desde ellos torpedos cargados con explosivos fuertes sobre las plazas de guerra ó sobre las posiciones que convenga destruir. Los polvorines y almacenes de proyectiles serán, en este caso, objeto de predilección, y hay que pensar en su protección contra esa clase de ataque, poniéndolos á prueba de toda explosión superior. Hasta ahora, se daba, relativamente, poca importancia á la resistencia de la cubierta de los almacenes de explosivos; más de una consideración técnica abogaba por su ligereza, para encauzar, en caso de explosión, los efectos en

sentido vertical, evitando ó aminorando todo lo posible los estragos laterales. De hoy más, habrá que atender, tanto á la defensa horizontal formada por la cubierta, como á la protección vertical.

Resumen.—Nada de lo expuestos nos parece ocioso.

Tratándose de un asunto tan importante, el bosquejo que hemos hecho de las diferencias entre las antiguas y las modernas pólvoras hace resaltar las exigencias profesionales que estas últimas reclaman por parte del personal que ha de fabricarlas, conservarlas y aplicarlas. Es el Cuerpo de Artillería quien llena esta misión en España y en casi todas las naciones, y también comprueba lo que dejamos dicho, las ventajas de ser militar la organización industrial de esta parte esencial del material de guerra. La opinión en Francia tiende á implantar análogo procedimiento, militarizando el cuerpo de *Poudres et Salpêtres*.

Pueden resumirse las doctrinas que dejamos escritas, en las siguientes conclusiones:

1.ª La fabricación y el servicio de pólvoras y explosivos, para ser perfectamente garantizados, tienen que llevarse por directa intervención industrial del personal militar técnico, pues las pólvoras modernas reclaman mayor cuidado que las antiguas en su producción, manipulación y aplicación.

2.ª Lo mismo la fabricación que la conservación de las pólvoras y explosivos, son procesos químicos que exigen la intervención constante del laboratorio, para comprobar primero la condición adecuada de las primeras materias y después la estabilidad. Dan idea del rigorismo con que entre nosotros se practican esos principios en nuestra Fábrica de Granada, los admirables trabajos del ilustre coronel Aranz sobre *nuevos explosivos*, y del inolvidable y no menos meritisimo coronel Gener, en el discurso que sobre aquella Fábrica pronunció en el Tercer Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias.

3.ª Los locales en que se almacenen pólvoras ó explosivos,

tanto en tierra como á bordo, deben estar dotados de toda clase de precauciones para anular los peligros de explosión, atendiéndose á la conservación por todas las reglas y comprobaciones que los reglamentos contengan, sin escatimar personal ni gasto, para este fin.

4.^a Debe fijarse de antemano el tiempo de duración de las pólvoras explosivos, ó sea su *vida* en servicio.

5.^a Conviene seguir con el mayor interés, cuantos progresos se hagan en esta materia, recogiendo y aplicando ó ensayando las innovaciones útiles en punto á fabricación y conservación, sin regatear recursos.

IV

ELECTRICIDAD*

ELECTRICIDAD ESTÁTICA Y DINÁMICA.

En el lenguaje vulgar es frecuente admitir la existencia de diversas clases de electricidad. La de baja tensión utilizada en el alumbrado, la de potencial elevado y pequeñísima intensidad empleada en los usos medicinales y la conveniente para la producción de las ondas hertzianas aplicables en telegrafía sin hilos, son para muchos electricidades diferentes.

Importa dejar claramente consignado que la *Energía eléctrica* es una sola en el mundo, si bien puedo afectar formas variadas.

Si en estado de reposo se mantiene equilibrada en la superficie de los cuerpos, se llama *estática*; cuando vive en movimiento y se propaga en forma de flujo ó corriente, *dinámica*.

La imaginación concibe por modo más claro la noción de estas dos formas típicas que la electricidad afecta, presentando como simil de comparación lo que con el agua ocurre.

Si la suponemos depositada y estacionada en un tanque y por tanto inmovil, ella nos permite formar idea de la electricidad en estado de reposo. Si consideramos el agua de un río con fuerza en su corriente, compararse puede á la electricidad dinámica.

De la primera, que no tiene aplicación en las grandes industrias, no hemos de ocuparnos en este *Manual*. Solo lo hemos de hacer de la electricidad en estado de movimiento y

* Del "Manual de Electricidad Práctica," por Eugenio Agacino y Martínez, Cádiz, 1911.

siendo necesario para que sus efectos se pongan de manifiesto que exista flujo ó corriente, de modo análogo á la hidráulica, en la cual y para que se produzca algún trabajo, requiérese que el agua alimente una corriente ó un salto ó caída.

ELECTRICIDAD DINÁMICA.

De tres maneras diferentes se desarrolla la energía de la corriente eléctrica.

Por un gasto de calor, en las pilas termo-eléctricas.

Por el trabajo de la afinidad química, en las pilas hidro-eléctricas.

Y por una absorción de potencia mecánica en las máquinas dinamo-eléctricas, donde se utilizan los fenómenos de *inducción*.

Solo á título de curiosidad, porque no es todavía este procedimiento objeto de aplicación en la industria, presentaremos el principio en que se apoyan las pilas termo-eléctricas.

Dos barras de metales diferentes, colocadas de manera que formen una U, son soldadas; las puntas libres se unen por un hilo conductor. El hecho de la acción calorífica sobre la soldadura, da nacimiento á una corriente eléctrica en el conductor.

El de las pilas hidro-eléctricas utilizadas para todos aquellos servicios en que solo se emplean débiles corrientes eléctricas, es el siguiente:

Se toma un vaso de cristal que contenga líquido excitador; ya sea formado ó compuesto con sales de amoníaco, ácido sulfúrico ú otra materia. En este líquido se sumerjen en parte dos planchas ó placas, la una de zinc, y la otra de carbón, por ejemplo, ligándolas al exterior por un hilo metálico (buen conductor de electricidad). Este vaso así dispuesto, es lo que se llama un *elemento* de pila. La reunión de varios, forman la *pila* ó *batería*.

La razón de llamarse *pila* á este aparato, sirviendo para transformar la energía química en energía eléctrica, no es otra sino la de que la primera *pila* construída por Volta en

1794, se componía de una série de platillos ó discos colocados los unos sobre los otros, á la manera de una pila de libros. De aquí esta denominación que todavía se conserva.

Para explicar la producción de la *corriente eléctrica* en un elemento, se admite que la acción química del líquido sobre el zinc, da nacimiento á una fuerza llamada *fuerza electromotriz*.

Como consecuencia de ella, la placa no atacada, la de carbón, adquiere un potencial ó nivel eléctrico superior á la atacada, zinc.

Por consiguiente, si reunimos las placas—como hemos supuesto—por un hilo conductor, se establecerá una corriente ó flujo eléctrico, que irá de la placa de carbón á la de zinc por el hilo conductor y de la placa de zinc á la de carbón por el interior del elemento; esta corriente que tiende á establecer el equilibrio, persiste en tanto que la causa productora del desequilibrio, ó sea la fuerza electromotriz desarrollada por las acciones químicas, subsiste.

La extremidad del zinc, que está á más bajo potencial, toma el nombre de *polo negativo*, y la del carbón, la de potencial más elevado, el de *positivo*.

Para dar idea de la corriente eléctrica, puede establecerse esta comparación.

Consideremos dos recipientes llenos de agua, colocados á diferentes alturas y unidos por el intermedio de un tubo. El agua pasa del más alto al más bajo; y con tanta mayor intensidad ó fuerza, cuanto mayor sea la diferencia de nivel entre los dos depósitos.

Pues bien, análogamente, la corriente eléctrica se produce por la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos del trayecto que ha de recorrer, y con tanta más intensidad cuanto mayor es la diferencia expresada.

Puede, por lo tanto, decirse, que en un generador de electricidad se establece la corriente, porque sus dos polos no están al mismo nivel eléctrico.

Pero entiéndase bien, que este género de explicaciones, admitido en la mayor parte de los libros que sobre electricidad se ocupan, no es más que una hipótesis presentada para facilitar la comprensión ó inteligencia de los fenómenos eléctricos.

La electricidad por *inducción* está basada en el principio siguiente:

Si en el interior de un *carrete* ó *bobina* de hilo metálico convenientemente aislado, se mueve un imán normalmente al hilo cuyas extremidades están unidas, se establece una corriente eléctrica en el hilo de la bobina. Esta observación convertida en principio, es la base que ha servido para la construcción de diferentes máquinas ó aparatos para producir la electricidad, mejor dicho, para transformar energía mecánica en energía eléctrica.

En estas máquinas, una serie de bobinas de hilo metálico convenientemente aislado y el conjunto de las cuales toma el nombre de *inducido*, gira delante de los polos de un imán ó de varios, que se le designa con el nombre de *inductor*. El trabajo mecánico empleado para darle movimiento al inducido y vencer la fuerza electromagnética que se desarrolla y que se opone al desplazamiento, se convierte en energía eléctrica.

Las máquinas de este género no desempeñan otro papel, que el de transformar la energía mecánica en eléctrica, con el desgaste ó pérdida consiguiente.

Más adelante volveremos á considerar este fenómeno de la inducción electromagnética con más extensión.

IMANES

Todo cuerpo capaz de atraer el hierro ú otro metal magnético, es un imán. El estudio de las propiedades de los imanes, constituye el *magnetismo*. Hay tres clases de imanes:

1.º Los *imanes naturales* ó piedras de imán. Son óxidos de hierro magnéticos ó *magnetitas*, conteniendo un 23 por 100 de oxígeno.

2.° *Imanes artificiales.* Acero templado ó comprimido, que mediante el frotamiento con un imán natural, adquiere las mismas propiedades.

3.° *Electroimanes.* Hierro imantado por la acción de una corriente eléctrica.

Todos los cuerpos magnéticos tales como el hierro, el níquel, etc., pueden ser imantados. Dásele, sin embargo, la preferencia al hierro dulce; es decir, al hierro lo más puro posible y recocado, por ser el que más fácilmente se imanta y el que adquiere más fuerte imantación. Posee además la propiedad de perder inmediatamente este estado, desde que la corriente se interrumpe, caso este último de difícil realización en la práctica, por lo raro de encontrar el hierro perfectamente puro, y debido á lo cual conserva huellas sensibles de la imantación sufrida.

La acción magnética al exterior se manifiesta principalmente, en secciones inmediatas á las extremidades, las cuales reciben los nombres de *polos*; disminuye desde los extremos hasta la región media, en la cual la acción ya no es sensible, por lo que se le denomina *zona neutra*.

Si una aguja imantada se la coloca por su centro de gravedad sobre un pivote en términos de que pueda girar en todas direcciones, se observa que en un lugar dado siempre se dirige en la misma dirección. Una de las extremidades apunta al polo *norte* del mundo, la otra al *sur*.

Es decir, que la aguja en las condiciones dichas, señala los polos magnéticos de la tierra.

El espacio en el cual se manifiestan fenómenos magnéticos, se llama *campo magnético*. Este campo está caracterizado en cada punto por su *intensidad*, su *dirección* y su *sentido*.*

Los diferentes puntos del campo gozan de distinto nivel ó *potencial magnético*: todos aquellos cuyo potencial magnético es el mismo, pertenecen á una *superficie equipotencial* ó de *nivel*. Las normales á estas superficies, que indican los cami-

* *Sentido* is vectorial direction; here, polarity.

nos que seguiría un *polo libre* desplazándose en el campo, han recibido de Faraday el nombre de *líneas de fuerza*.

Para evidenciar la existencia de las *líneas de fuerza* en un imán, podemos valernos de la siguiente experiencia.

Sobre una hoja de papel delgado, extiéndase una ligera capa de limaduras pulverizadas de hierro. Por la parte de abajo del papel colóquese un imán, y se verá que el polvo de hierro se reparte, no en forma caprichosa, sino dibujándose una serie de líneas curvas regulares, que parecen nacer en uno de los polos para ir á morir al otro. Estas líneas se llaman *líneas de fuerza*, y la limadura en esta forma dispuesta, *espectro magnético*.

Del análisis de este hecho pudiera deducirse, sólo se presentaban las líneas de fuerza, cuando en las condiciones apuntadas se colocaba el imán. Importa, pues, mucho, hacer constar que ellas existen siempre, y que la experiencia con la limadura de hierro es sola y exclusivamente con el objeto de hacerlas visibles ó tangibles, pues conviene habituarse á verlas con la imaginación, cada vez que un imán, ya sea natural, artificial ó electro-imán se estudia ó considera.

El medio más rápido de explorar un campo magnético, es decir, de determinar las líneas de fuerza de este campo, consiste en formar el espectro magnético.

Los imanes afectan formas variables, y entre ellas, muy especialmente, la de *herradura*. En todos casos gozan de las mismas propiedades y solo la forma de las líneas de fuerza—que no solo van del polo norte al polo sur por el exterior, sino que también se encuentran en el interior del imán y van del polo sur al polo norte—es la que se modifica.

Agregaremos, por último, que el procedimiento de imantación por la corriente es el único que se emplea en la industria para la fabricación de los imanes artificiales, realizado por medio sencillísimo, como á continuación se expone.

En el caso de tratarse de formar un imán artificial en forma de barra, se empleará para ello una bobina anular cerrada,

constituida por un pequeño número de espiras de hilo grueso, por el cual se hace circular una corriente intensa.

La bobina dicha se coloca en la medianía de la barra de acero que se desea imantar, y después se la desplaza hacia las extremidades, procurando que el mismo número de veces que se verifica en un sentido en una mitad de la barra, se haga también en la otra mitad, en el opuesto, ó sea de la mitad hacia la extremidad y que la corriente circule en la bobina; se lleva la bobina al medio y se interrumpe la corriente. Procediéndose así, la acción magnetizante es siempre del mismo sentido y por tanto la imantación es regular é intensa.

Si se pretende hacer el imán artificial teniendo éste la forma de herradura, el procedimiento es el mismo y solo varía la bobina anular, que es sustituida por una bobina doble, formada por un hilo enrollado en forma de 8. Se introducen las dos ramas del imán artificial en los dos círculos que constituyen el 8 y se desplaza la bobina como en el caso precedente, hasta lograr la suficiente imantación.

Antes de la imantación la barra debe haber sido templada; para dar este temple, se la calienta hasta cerca de la *temperatura crítica* (temperatura á la cual el metal se desimanta por completo y que es de 785° C para el hierro) y se le sumerge bruscamente en agua.

Después de la imantación se da un recocido, por medio del vapor, durante al menos 5 horas.

Relación entre el magnetismo y la electricidad.—Existe estrecha é íntima, como se manifiesta con algunos ejemplos.

Las agujas imantadas, sufren la influencia de las descargas eléctricas que se producen en sus inmediaciones.

La aguja de una brújula, se perturba notablemente por efecto de una fuerte tempestad.

Puede llegar hasta perder su imantación ó cambiar el sentido de ella.

Una corriente eléctrica pasando por las inmediaciones de una aguja, hace que ésta se desvíe de la posición que ocupaba

y se coloque perpendicular á la marcha de la corriente, quedando el polo norte á la izquierda, con respecto á la dirección de aquella. Si la corriente no tiene la suficiente intensidad, la aguja se desviará, sin llegar á ponerse en cruz.

Esto requiere ser aclarado.

Si se coloca paralelamente por encima ó debajo de una aguja un hilo conductor por el cual circula una corriente, la aguja toma enseguida una dirección completamente en cruz con la que tiene el conductor.

En todo caso la posición de la aguja es perpendicular á el hilo; pero según que este último esté situado por encima ó debajo, así la desviación de la aguja, aunque con igual intensidad, se verifica en un sentido ó en otro. Estos fenómenos reciben el nombre de *electromagnéticos* y se llama *Electromagnetismo* á la parte de la ciencia eléctrica que los estudia.

CIRCUITO ELÉCTRICO

La electricidad no se traslada de un punto á otro, si la materia que se emplea para su transporte no ofrece un camino continuado, en el cual después de alejarse más ó menos del punto de partida, retorna al de origen.

Este camino, representado por un conductor, generalmente un hilo metálico y recorrido por la corriente, es lo que se llama un circuito eléctrico.

Dícese que el *circuito está cerrado*, cuando la corriente lo recorre en los términos que se acaba de explicar; pero si por causas que pueden ser de diversos géneros, el camino se corta ó interrumpe en cualquier punto, la corriente cesa incontinenti, diciéndose entonces que el *circuito está abierto* ó interrumpido.

En la figura 3 el punto de salida de la corriente, es el polo positivo del generador *G* de energía eléctrica; el punto de entrada, el polo negativo. El conductor *ab*, que sigue la corriente á su salida del aparato de utilización *U* para

volver de nuevo al generador, designase generalmente con el nombre de *conductor de retorno*, ó *hilo de vuelta*.

En algunos casos cabe suprimir este último hilo, mediante la disposición representada en la figura 3, con las líneas de

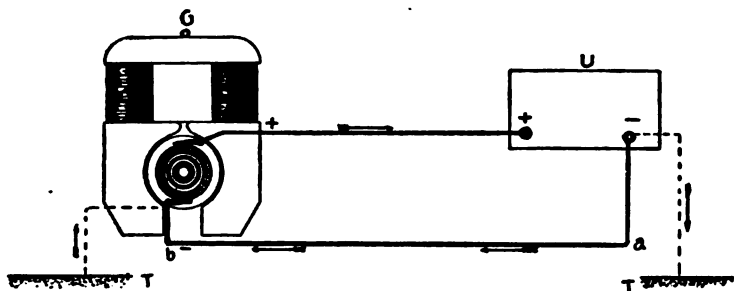


Fig. 3.

punto. El terminal negativo del aparato de utilización *U*, pónese en comunicación con la tierra *T*, y lo mismo se efectúa con el de igual signo del generador *G*.

La tierra, que como repetidamente hemos dicho, es un buen conductor de electricidad, substituye ó reemplaza al conductor metálico, con evidente economía para los gastos de instalación, en aquellos casos en que la distancia entre el generador y el aparato de utilización por un lado y otras consideraciones que pesarse deben en semejantes casos, abonan este especial procedimiento. Dícese entonces con toda propiedad, que el circuito eléctrico está cerrado por la tierra.

UNIDADES PRÁCTICAS ELÉCTRICAS.

Nuevos vocablos eléctricos.—La Academia Española ha estudiado los nuevos vocablos relativos á la electricidad, que son los siguientes:

Amperio (de Ampère) m.—Unidad de medida de la corriente eléctrica que corresponde al paso de un culombio por segundo.

Amperímetro m.—Aparato que sirve para medir el número de amperios de una corriente eléctrica.

Culombio (de Coulomb) m.—Cantidad de electricidad capaz de separar de una disolución de plata, 1'118 miligramos de este metal.

Faradía (de Faraday) m.—Medida de capacidad eléctrica de un cuerpo ó de un sistema de cuerpos conductores, que con la carga de un culombio produce un voltio.

Julio (de Joule) m.—Unidad de medida del trabajo eléctrico, equivalente al producto de un voltio por un culombio.

Ohmico adj.—Perteneciente ó relativo al ohmio.

Ohmio (de Ohm) m.—Resistencia que, á cero grados, opone al paso de una corriente eléctrica una columna de mercurio de sección transversal constante, peso de 14,45 gramos y 106,3 centímetros de longitud.

Vatio (de Watt) m.—Cantidad de trabajo eléctrico equivalente á un julio por segundo.

Voltaje m.—Conjunto de voltios que funcionan en un aparato eléctrico.

Voltímetro m.—Aparato que se emplea para medir potenciales eléctricos.

Voltio (de Volta).—Cantidad de fuerza electromotriz, que aplicada á un conductor cuya resistencia sea de un ohmio, produce la corriente de un amperio.

APARATOS PARA MEDIR LAS CORRIENTES ELÉCTRICAS.

El galvanómetro es un aparato que sirve para acusar la existencia de la corriente y con el cual puede también medirse su dirección é intensidad.

La acción de las corrientes sobre los imanes se utiliza en los aparatos que sirven, ya para acusar la existencia de otras corrientes, determinar su sentido ó bien medirlas, toda vez que la desviación de la aguja imantada es función ó depende de la intensidad de la corriente que actúa sobre ella.

Si se sitúa un alambre de cobre paralelamente á una aguja imantada, ya sea por encima ó debajo de ella, y se hace circular la corriente por el alambre, la aguja gira tendiendo á tomar una dirección perpendicular á la que ocupaba.

Cuando la aguja se halla debajo del conductor, si se sitúa encima de éste un observador, de modo que el polo *N* de la aguja, después de desviada quede á su izquierda, la corriente circula marchando en la dirección de los pies á la cabeza. Pero si se sitúa la aguja encima del alambre, conservando el observador la misma posición que anteriormente tenía, y la desviación de la aguja es idéntica, la corriente circula en sentido contrario.

De la observación de estos fenómenos de que ya hemos hablado al analizar la ley de Ampère, se ha obtenido el principio en que los galvanómetros se fundan.

La forma más elemental de estos aparatos se reduce á una aguja imantada que puede girar libremente sobre su punto medio, y la cual se instala en el interior de un carrete hueco, formado con muchas vueltas de hilo de cobre cubierto con forro aislador, que recibe el nombre de *multiplicador*. Todo esto va introducido en una caja cilíndrica, en cuya tapa provista de cristal y cuadrante graduado, pueden leerse las desviaciones de la aguja.

Su funcionamiento es como sigue:

El paso de la corriente por el alambre mediante las conexiones con un generador de electricidad cualesquiera, una pila por ejemplo, determina en la aguja una desviación, si el efecto debido á la corriente es superior á la acción directiva del magnetismo terrestre, que hace de fuerza antagónica al mantener la aguja en la dirección del polo magnético de la tierra.

Esta fuerza antagónica, dominada ó vencida, la aguja tiende á ponerse en una dirección perpendicular á la marcha de la corriente; la desviación que sufre en ese caso, es proporcional á la intensidad y se verifica en un sentido ó en otro,

según cual sea el extremo del alambre por donde penetra la corriente en el carrete.

El movimiento de la aguja, acusa la existencia de la corriente; el ser aquel á derecha é izquierda, el sentido de la misma; y la magnitud de la desviación, su importancia.

Los *galvanóscopos*, llamados á poner de manifiesto la existencia de las corrientes; los *galvanómetros*, cuya finalidad es medirlas; y los *amperómetros* y *volmetros*, que miden también los caracteres de las mismas, todos tienen por fundamento el principio en que se apoya el galvanómetro y que queda aquí descrito.

Para merecer estimación un galvanómetro industrial precisa reunir las siguientes condiciones: ser *sensible*, *aperiódico* y *estable*.

Es sensible cuando su parte móvil obedece fácilmente á débiles corrientes; aperiódico, cuando vuelve á su posición inicial, después de haber sido desviada, sin oscilar; y estable, cuando las posiciones de equilibrio de la parte movable están bien fijadas. En una palabra, las débiles corrientes deben señalarse por modo perceptible; para una misma intensidad de corriente, debe producirse siempre una misma ó igual desviación; y la posición cero es la que debe estar ocupada cuando ninguna corriente circule por el aparato.

La gran sensibilidad de estos instrumentos se alcanza mediante el empleo de un multiplicador con numerosas espiras, situándolo muy inmediato á la parte móvil y reduciendo al minimum los rozamientos de todas clases.

Son numerosos los diferentes tipos de galvanómetros que se utilizan en el día. Solo para completar por mejor modo la ilustración de este tan importante asunto, reseñamos el de Bourbonze, cuya sencillez es notoria.

La flecha ó indicador, análogo al empleado en un peso de balanza, oscila alrededor de un rebajo ó cuchillo adecuado al efecto. La parte imantada de la flecha ó aguja está colocada en el interior del multiplicador; esta aguja se mueve sobre

un cuadrante de doble graduación; un contrapeso mantiene la aguja vertical cuando ninguna corriente recorre el aparato.

La disposición de este galvanómetro de Bourbonze presenta como señalada ventaja además, lo muy fácil que se hace la lectura. Lleva su pié con tornillos de nivelación, y un imán director, cuya maniobra se realiza con la ayuda de una cremallera.

AMPERÓMETRO

Es un aparato que tiene por objeto medir en *ampères* la intensidad de las corrientes.

Consiste en su parte esencial, en una barreta ó aguja de hierro dulce, móvil alrededor de un eje, instalada en el interior hueco de un carrete formado por una lámina de cobre, y entre los polos de dos imanes colocados frente á frente, cuya misión es convertir la barreta en un imán de acción independiente del magnetismo terrestre y demás campos magnéticos que se encuentran en sus proximidades.

El aparato queda encerrado en una caja cilíndrica; en cuya tapa, una graduación que puede recorrer una aguja ligada al eje de la barreta interior, permite leer las indicaciones del instrumento.

Dos tornillos terminales, colocados en puntos diametralmente opuestos, reciben los hilos conductores de la corriente y son también punto de terminación de la lámina de cobre arrollada, de que anteriormente hemos hablado.

El amperómetro de Deprez fúndase en el principio, de que si entre las ramas ó brazos de un poderoso imán en forma de herradura, se colocan dos bobinas fijas ligadas en cantidad, y si entre éstas se sitúa una pieza de hierro dulce movable sobre un eje vertical, ésta se coloca según la línea de los polos.

Dicho se está, que si una corriente se hace pasar por las bobinas, la imantación del imán se modifica; la pieza de hierro dulce sufre movimiento, y la aguja indicadora que á ella se

liga, acusa en el cuadrante el número de ampéres que la intensidad de la corriente representa.

Es crecido el número de aparatos diversos que para este fin se han inventado. Solo enumeramos los dos de construcción más sencilla.

El amperómetro de *Deprez Carpentier* acusa algunas diferencias esenciales con el anteriormente descrito, aunque el principio es el mismo.

Está destinado á los usos industriales y va encerrado en una caja metálica provista de cuadrante y tapa de cristal, para facilidad en la lectura de sus indicaciones.

Se compone de una armadura de hierro dulce, móvil alrededor de un eje colocado en el interior de una bobina, constituida por una lámina de cobre enrollada varias veces sobre sí misma y situada entre los polos de dos imanes en forma de *C*, establecidos, el uno enfrente del otro.

Las dos extremidades de la lámina de cobre dicha, se ponen en conexión con el manantial de electricidad, mediante los terminales de que el instrumento va provisto. El empleo de esta lámina, que tiene un centímetro de ancho y espesor variable, obedece á obtener un aparato de resistencia despreciable, para que su introducción en el circuito no modifique en ningún caso la intensidad de la corriente que medirse quiere.

Asímismo, persigüese con el establecimiento de ella, que el paso de la corriente pueda ser constante, sin temor á elevación grande de temperatura en el instrumento.

El eje de la armadura va provisto de la aguja indicadora, montada de tal manera, que el amperómetro puede ser indifereentemente empleado en cualquiera de las posiciones, horizontal y vertical, prestándole esta ventajosa disposición, aplicación grande para los buques.

La desviación de la aguja en el cuadrante, que está empíricamente graduado, para que sin correcciones dé directamente su lectura, está dando á conocer en todo momento y en ampéres, el valor de la intensidad de la corriente.

El amperómetro se intercala directamente en el circuito de corriente cuya intensidad quiere medirse.

Debe colocarse siempre en la cámara en que estén las máquinas y procurando observar las siguientes prevenciones. Nunca debe encontrarse muy inmediato á las dinamos, para evitar que la influencia de aquéllas lo afecte. Por la misma razón, los conductores principales por los que circulen corrientes de alta intensidad, no deben ser colocados en las inmediaciones del amperómetro; los que lleven la corriente al aparato hacen naturalmente una excepción de esta precaución, pero debe cuidarse para que los efectos de la corriente se compensen, sean dirigidos perfectamente paralelos.

La aguja, cuando no funciona el instrumento, debe marcar el cero; pero si así no fuera, téngase en cuenta el error que acusa para restarlo de la lectura que se hiciera, siempre que todos los desvíos guarden con las corrientes la misma relación.

VOLMETRO.

La descripción que hemos dado del amperómetro, puede igualmente servir para el volmetro. La única diferencia consiste, en que la lámina de cobre que forma el carrete en el primero, se sustituye para el segundo por hilo de alambre fino de cobre aislado convenientemente y de una gran longitud, teniendo, por tanto una resistencia elevada (1.500 á 2.000 ohms).

El objeto del instrumento no es otro, sino el de medir la fuerza electromotriz de las corrientes, expresando el valor de estas medidas en volts.

Estos aparatos se colocan en derivación entre dos puntos de un circuito. El instrumento, pues, se intercala en la misma forma que una lámpara de incandescencia.

El volmetro mide en realidad la corriente que lo atraviesa, pero, colocado en derivación entre dos puntos, esta corriente es según la ley de Ohm $i = \frac{e}{r}$, y como la resistencia del aparato

es constante, las indicaciones serán proporcionales á la fuerza electromotriz e que se trata de medir.

Va provisto también de un botón, para que sólo suministre la lectura en el momento que se desea. Esta disposición es muy interesante en el volmetro, pues tiene por objeto, evitar el recalentamiento del carrete con el paso de la corriente, el cual alteraría el verdadero valor de las indicaciones y podría llegar hasta quemar el hilo. Solamente el tiempo necesario para efectuar la lectura, es el que debe mantenerse en el circuito.

La graduación de los volmetros como la de los amperómetros, está trazada empíricamente para cada instrumento.

REGULADOR DE CORRIENTE

Por regulador de corriente ó rehostato de excitación debe entenderse, un aparato destinado á introducir en el circuito de los inductores un número variable de resistencias, con las cuales se alcanza la regulación de la misma.

Está generalmente formado por una série de resistencias R, R^1, R^2, R^3 , arrolladas en hélice y de hilo de hierro-níquel. La figura 4 nos presenta la disposición más sencilla que afectan. Unas están ligadas á las otras por sus extremidades y de modo que formen un circuito continuo. Además, la extremidad de cada una de estas resistencias parciales, está en comunicación con los botones ó planchas 1 2 3 4 5 de un conmutador.

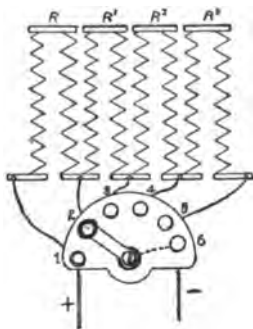


Fig. 4.

Una de las extremidades del circuito — se fija al botón 6, que á su vez está ligado con la palanca del conmutador por el intermedio de una planchuela de cobre, situada por la parte posterior. La otra extremidad del circuito + se

une en 1. Este último botón mencionado, está en comunicación con una de las extremidades de la serie de resistencias.

Con esta disposición dada al aparato, si la palanca se coloca como la figura representa, solo una resistencia está intercalada en el circuito. Si la ponemos en 3, introduciremos la R y R^1 ; en 4, serían tres, y en 5, todas.

Por este sencillo medio se varía á voluntad la intensidad de la corriente en los inductores, bastando para ello introducir ó intercalar en el circuito, resistencias en mayor ó menor número.

La adaptación que en una instalación de alumbrado se le da al regulador de corriente, depende en primer término del género de excitación de la dinamo.

No refiriéndonos al caso de que sea *compound* la excitación, que es el general en el alumbrado de los buques y en el cual la misma dinamo se regula, conviene tener en cuenta si la dinamo lo está en *serie*, en *derivación* ó por una máquina *independiente*.

Si lo fuese en serie, las resistencias se colocan en el circuito principal, para compensar las variaciones de resistencia que origina encender ó apagar lámparas.

Con la excitación en derivación ó la excitación independiente, las resistencias se intercalan en el circuito derivado ó en el excitador, á fin de hacer variar la intensidad del campo magnético y llevar la fuerza electromotriz á su valor normal.

Cuando varias dinamos trabajan acopladas, sus reguladores deben disponerse, de manera que se puedan hacer maniobrar unos independientes de los otros ó bien todos á la vez, para alcanzar la igual regulación sobre todas las máquinas al mismo tiempo.

Se empieza siempre por regular cada máquina aisladamente con su regulador especial, y cuando el equilibrio está establecido entre todas las dinamos, entonces todas se gobiernan por el regulador general.

Es también muy frecuente en las centrales, sobre todo

en las distribuciones de corriente alternativa, el uso de resistencias líquidas para la regulación. Están constituidas por recipientes que contienen una solución de carbonato de sosa, por ejemplo, y en los que sumergen electrodos intercalados por inductores en el circuito. La inmersión y separación de estos electrodos varía la resistencia introducida en circuito.

TRANSFORMADORES

Los generadores de energía eléctrica, no siempre producen ésta bajo la forma ni en el momento más conveniente para su utilización. Hay, pues, necesidad de transformarla y los aparatos que efectúan estas transformaciones, se llaman *transformadores*.

Se les divide desde luego en dos grupos:

1.º *Transformadores inmediatos*, que son aquellos en los cuales la transformación se hace en el instante mismo de la utilización.

2.º *Transformadores diferidos*, en los cuales el momento de la utilización puede diferir del de producción de un intervalo de tiempo teóricamente indefinido.

Al primer grupo pertenecen los *transformadores de inducción*; al segundo, los *condensadores y acumuladores ó pilas secundarias*.

Dentro del primer grupo existen diferentes clases ó subdivisiones, que á continuación apuntamos.

Una corriente eléctrica está caracterizada por sus cualidades (tensión, intensidad y frecuencia) ó su forma (continua, intermitente, alternativa, monofásica ó polifásica). Un transformador puede, pues, ejercer su acción sobre la calidad sola de la corriente ó á la vez sobre su calidad y su forma. De aquí la división de los transformadores inmediatos en *homomórficos* y *polimórficos*, según que obren sobre las cualidades solo ó sobre las cualidades y la forma de la corriente.

La transformación puede hacerse sin pasar por otra forma de la energía intermediaria, y entonces se dice que el transformador es *directo*; cuando la transformación se efectúa pasando por otra forma de la energía intermediaria (generalmente el trabajo mecánico), al transformador se llama *indirecto ó motor-transformador*.

Por último, se subdividen los transformadores inmediatos, en *estáticos y dinámicos ó rotativos*.

Los primeros no comportan piezas en movimiento mecánico; mientras que los segundos, en los cuales una parte cualquiera de su circuito es atravesada por una corriente continua, no pueden verificar la transformación sin partes más ó menos importantes en movimiento y destinadas á efectuar la conmutación de la corriente continua en alternativa ó viceversa; de aquí el nombre de *conmutatrices* con que se distinguen á estos aparatos.

En los transformadores inmediatos ó de inducción hay que distinguir dos circuitos:

El *circuito primario*, que es aquel que recibe la corriente á transformar, y

El *circuito secundario*, donde nace la corriente transformada.

Entre los *diferidos*, los condensadores no son empleados en la industria; los acumuladores ó pilas secundarias son transformadores *indirectos* que utilizan como forma intermediaria de la energía, la afinidad química. El estudio de esta clase de aparatos se hará más lejos.

A continuación presentamos un cuadro con las diferentes de transformadores, la transformación que efectúan y los nombres que han recibido estos aparatos.

El transformador de inducción ó estático tiene aplicación grande en la industria. Y se comprende así sea, desde el momento en que mediante su empleo y la posibilidad existente á la mano de continuo de disminuir á R , se economiza en el costo de los conductores al reducir su diámetro, como con-

TRANSFORMADORES INMEDIATOS

<i>Transformadores homomórficos</i>	Corriente continua en	Directo	{ Dinamo con dos arrollamientos y dos colectores independientes.
		Indirecto	{ Motor eléctrico accionado una dinamo (Surtidores).
			{ Dos ó cuatro inducidos de dinamos montados sobre un mismo eje. (Compensadores, reguladores ó igualadores).
	Corriente alternativa en alternativa	{ Transformadores de inducción ó estáticos.	
<i>Transformadores poli-mórficos</i>	Continua en alternativa y viceversa	{	Commutadores, transformadores rotativos, permutadores, convertidores y motores-generadores.
	Alternativa en alternativa de forma diferente	{	Transformadores de fase.

TRANSFORMADORES DIFERIDOS

Condensadores y acumuladores.

secuencia de haber disminuído la intensidad de la corriente que por el mismo circula.

Así, por ejemplo: una corriente de 1.000 volts y 100 ampéres ó sean 100.000 watts de energía eléctrica, por medio del transformador, puede convertirse en otra equivalente de 100 volts y 1.000 ampéres, haciéndola utilizable en forma económica para el alumbrado.

En su parte más esencial un transformador consiste, en un núcleo formado por hojas delgadas de palastro, recortadas y aisladas, sobre el cual se arrollan en formas diferentes las bobinas primarias y secundarias, de hilo grueso y reducido número de espiras las unas y de hilo fino y crecido número de vueltas las otras. Estos hilos van perfectamente aislados, é igual precaución precisa observar, para las bobinas entre sí y para su aislamiento con el núcleo.

Si á una de estas bobinas se envía una corriente alternativa, ello dará ocasión á que nazca otra corriente alternativa en la segunda, como consecuencia de las variaciones periódicas de flujo producidas en el núcleo.

La corriente que se envía al transformador, se llama *corriente primaria*. La inducida que se recoge, *secundaria*. Las bobinas correspondientes, toman precisamente esos mismos nombres.

Las diferencias de potencial en los terminales de las bobinas de un transformador, son sensiblemente proporcionales al número de espiras de las mismas.

Si se desea obtener un transformador para que la tensión se reduzca, la bobina primaria será la de hilo fino.

Si por el contrario, lo que se desea alcanzar es elevación grande de voltaje, el primario será el hilo grueso y de bobina secundaria actuará la de hilo fino.

Antiguamente, esta era casi la única condición de funcionamiento de los transformadores, entre los cuales el carrito Ruhmkorff—cuya bobina primaria está alimentada, no por una corriente alternativa, sino por una continua periódica—

mente interrumpida—ocupaba y todavía ocupa, lugar preferentísimo para producción de grandes chispas.

El transformador, bajo esta forma presentado, está más bien circunscrito en el día á la aplicación de aparatos científicos, usos médicos, gabinete de experiencias y telegrafía sin hilos; pero no para los usos industriales, en los que además de emplearse corrientes poderosas, el problema se plantea más frecuentemente en sentido inverso, ó sea transformar una corriente de alta tensión, en otra de bajo voltaje y crecida intensidad.

En el transformador con aplicación industrial debe distinguirse el de circuito simple y el doble.

El coeficiente de transformación, es la relación en que están, el número de espiras ó vueltas de las dos bobinas primaria y secundaria. Si la una tiene 1.000 y la otra 100, se dice el coeficiente es 10.

Por rendimiento del transformador se entiende, la relación entre la potencia útil recogida en los terminales de la bobina secundaria y la que se suministra en los de la primaria.

Si no hubiese pérdidas, este rendimiento sería 1. Pero existen, y las causas originarias de ellas son las que siguen:

- 1.º Calor desarrollado en el circuito primario.
- 2.º Calor desarrollado en el circuito secundario.
- 3.º Hysteresis en el circuito magnético.
- 4.º Corrientes de Foucault en todas las masas metálicas del aparato.

Como consecuencia de todo lo expuesto, no es apreciación errónea, estimar en un 97 por 100 el rendimiento á plena carga de un transformador, y en 88 por 100, al trabajar en las más desventajosas circunstancias, ó sea á menos de la mitad de la plena carga.

Los transformadores deben ser colocados, en sitios á los cuales solo pueda tener acceso el personal técnico, que cuida

de su manejo. Esta precaución y el emplazarlos cuidadosamente por lo que á su aislamiento y ventilación se refiere, son medidas de inevitable cumplimiento, si se quieren prevenir los accidentes que originarse pueden.

Por lo que se refiere á la transformación que se hace necesaria para cambiar la forma de la corriente, ó sea los pertenecientes al tercer grupo (transformadores polimórficos), solo daremos una ligera idea de ellos, diciendo que su disposición está establecida en las dinamos de tal modo, que además del colector para las corrientes continuas, llevan aquellas tres anillos, si el transformador es trifásico,—en relación con tres derivaciones del inducido en puntos que distan 120 grados—para recibir las alternas.

Si á una dinamo con este arreglo se envía una corriente trifásica por los tres anillos dichos, se recojerá una corriente continua por las escobillas de su colector, habiéndose alcanzado la transformación. Lo contrario ocurriría, si por el colector se envía una corriente continua; es decir, se transformaría en trifásica, recojiéndola por los anillos: es este el fundamento de las conmutatrices.

Diremos dos palabras sobre otros transformadores rotativos que también tienen frecuente aplicación en la industria.

Los hay de dos clases: *transformadores rotativos directos* y *transformadores rotativos indirectos*. Los unos y los otros pueden cambiar, ya la forma de la corriente, como acontece con el tipo anteriormente descrito ó solamente los valores de sus características: solo nos ocuparemos de estos últimos.

Los transformadores rotativos indirectos, consisten principalmente en dos ó cuatro dinamos montadas en el mismo eje. La una recibe la energía eléctrica á alta tensión y sirve de motor; la otra, que recibe el movimiento de la primera, hace el papel de generatriz de baja.

El esquema de la figura 5 explica suficientemente este dispositivo, en el cual la dinamo *A* hace de motor, recibiendo la corriente á 1.000 volts, y la *B*, montada en el mismo eje

al cual impulsa el A, genera la de baja, que se reparte en el circuito de 100 volts para el alumbrado y que está representado á la izquierda.

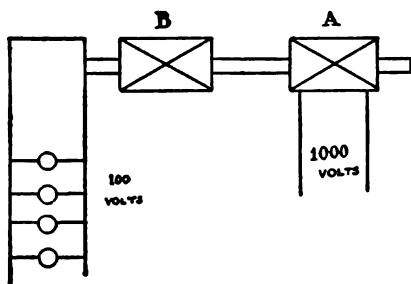


Fig. 5.

Los transformadores directos tienen un buen rendimiento, pero con los riesgos que lleva aparejados el poner en contacto dos enrollamientos, de los cuales uno es de alta tensión.

El indirecto, en cambio, suprime este peligro, á condición de debilitar algo la producción. Pero los unos y los otros tienen ventajosa aplicación en casos determinados.

El transformador directo, cuando se quiere utilizar la corriente de la red del alumbrado, por ejemplo, á necesidades de la electrólisis—que como es sabido solo requiere un bajo voltaje—está muy indicado.

El primer enrollamiento funcionará como motor con el voltaje del alumbrado, y el segundo nos dará en el segundo colector 10 volts solamente y una intensidad más elevada, que son las características convenientes para esa finalidad ó aplicación citada.

LÁMPARA INCANDESCENTE.

Las lámparas incandescentes, no son más que una aplicación de los efectos caloríficos y luminosos producidos por la corriente eléctrica.

Consisten en una bombilla de cristal en la cual se ha hecho el vacío (más ó menos perfecto) y en cuyo interior un filamento, ordinariamente de carbono, es puesto ó llevado á la incandescencia por el paso de la corriente eléctrica, produciendo luz.

La luz es debida únicamente, á el gran calor que desarrolla el paso de la corriente por un conductor de mucha resistencia, como es el filamento. Este se quemaría si estuviera en contacto con el aire, y de aquí el hacer el vacío en la bombilla de cristal, que lo encierra.

Se componen las lámparas incandescentes de tres elementos:

1.º Bombilla de cristal, en la cual está hecho el vacío.

2.º Filamento de carbono, procedente de algodón apergaminado primero y carbonizado después, ó de la celulosa disuelta y su pasta convertida en hilos finísimos por medio de hileras, ó aun filamentos metálicos de sustancias diversas y de las cuales ya hablaremos. La fabricación de filamentos de bambú, ha sido abandonada por cara. La temperatura que soportan al funcionar la lámpara, llega á ser de 1.700 grados. Los dos extremos del filamento dicho, comunican con dos alambres de platino que entran en la ampolla por dos agujeritos hechos en el cristal al estar caliente y que se cierran herméticamente después.

3.º La cazoleta ó armadura, en la cual los dos hilos de platino de que antes se habló comunican, uno con el anillo de latón, otro con el sombrerete. Ambos están aislados por una división de cemento ó estuco.

La lámpara se enciende, con sólo poner en contacto por medio de la llave ó interruptor los hilos que traen la corriente con los que la llevan á los extremos del filamento de carbón.

Es muy crecido el número de tipos de lámparas incandescentes (Edison, Swan, Maxim, Cruto, Gerard, etc., etc.), en uso, diferenciándose entre sí únicamente, en la fabricación del filamento y disposición de su montaje.

La intensidad luminosa emitida por el filamento, depende de la energía de la corriente eléctrica que lo recorre. Y no debe ponerse en olvido, que cuando se hace el vacío en el interior de la bombilla, éste no es lo suficientemente perfecto para que el desgaste del filamento deje de notarse fácil-

mente, contribuyendo, tambien mucho á su destrucción, el aumento de la energía de la corriente circulante, con respecto á aquella otra para la cual ha sido construída.

En las lámparas hay dos *constantes*, que son la intensidad I que consume y la diferencia de potencial E que requiere. El producto, es la energía necesaria para que ella adquiera lo que se llama *brillo normal*.

El calor desarrollado es proporcional al producto $E \times I$, es decir, á la potencia absorbida por la lámpara; la intensidad luminosa es proporcional al cubo de esta potencia. Pero puede obtenerse el mismo grado de iluminación, alterando los factores sin que el producto varíe. Por ejemplo, una lámpara de 100 volts y 0'5 ampéres, y otra de 25 volts y 2 ampéres, darán sensiblemente la misma intensidad lumínica, á pesar de ser tan diversas sus características.

Se expresa generalmente el poder de iluminación de las lámparas incandescentes, en bujías decimales, y cada bujía absorbe una potencia que fluctúa entre 2 a 4'5 watts, y en las lámparas de filamento de carbono.

El consumo en watts y la duración, guardan entre sí una cierta relación, representada por los siguientes guarismos:

1000 horas para lámparas que consuman 4'0 watts			
700	—	—	3'5 —
350	—	—	3'0 —
150	—	—	2'5 —

Independiente ya del consumo y solo como natural consecuencia del desgaste por el uso, el poder luminoso va disminuyendo en relación al número de horas de trabajo.

Las cifras que copiamos, permiten conocer la disminución de luz en una lámpara de 16 bujías, con relación al tiempo que lleve de funcionar.

100 horas	16'0	bujías	decimales
200 —	15'5	—	—
400 —	15'0	—	—
600 —	14'3	—	—
800 —	13'4	—	—
1000 —	11'5	—	—

Quiere esto significar más claramente expresado, que la lámpara de 16 bujías, por el solo hecho de estar 1.000 horas encendida é independiente de otras causas de destrucción, queda convertida en 11 bujías su intensidad lumínica.

Se fabrican lámparas incandescentes desde 3 volts y 0'3 ampéres, teniendo un poder luminoso de $\frac{1}{4}$ de bujía, hasta las de 1.000 bujías, que exigen 100 volts, 25 ampéres. Las hay también de 150 y 250 volts.

Hay Compañías que garantizan una duración de mil horas para las lámparas de 250 volts, consumiendo 3'5 watts por bujía.

Por lo que se refiere á la intensidad lumínica, las lámparas incandescentes de más corriente fabricación son las de 5, 10, 16, 20, 25 y 32 bujías.

En todas ellas, para prolongar su duración, es la mejor regla, procurar que el voltaje á que trabajen no exceda del normal señalado para las mismas.

Minuciosas experiencias hechas con una lámpara Edison de 100 volts, han evidenciado que la duración se acorta grandemente, aun siendo pequeño el exceso de voltaje con que se la haga funcionar. La lámpara experimental de que se trata, trabajando con 105 volts, sólo duró 264 horas. Con 95 volts, se prolongó su vida hasta 3.595 horas.

La siguiente tabla, condensa bien la relación en que se encuentran la duración y la intensidad lumínica, con respecto á el potencial á que se hace trabajar la lámpara.

Se supone una lámpara farbricada para trabajar á 100

volts, y se representa por 1 la duración é intensidad luminosa, en estas condiciones:

Volts . . .	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
Int. luminosa .	0'73	0'78	0'83	0'87	0'94	1	1'06	1'13	1'20	1'27	1'34
Duración. . .	3'40	2'66	2'14	1'67	1'29	1	0'78	0'61	0'48	0'36	0'28

Si bruscamente se aumenta la diferencia de potencial, en términos de exceder en mucho la señalada por la fábrica y que tiene marcada la bombilla, el filamento se destruye inmediatamente. Se dice entonces que la lámpara *se ha fundido ó quemado*.

Solo á título de curiosidad consignaremos en este lugar, que en el año 1888 era de 5 pesetas el valor de una bombilla incandescente; que sucesivamente ha ido descendiendo, alcanzando el de 2'50 pesetas en 1890, 1'25 pesetas en 1893, 0'60 ptas en 1898 y 0'40 en el día para cantidades crecidas ó pedidos de verdadera importancia.

Esta marcha en descenso del precio, obsérvese asimismo en el consumo de energía para su intensidad lumínica.

En su comienzo, las bombillas incandescentes exigían 5 watts por bujía de luz; bajó luego á 4 watts, 3'5 watts, 2'5 watts, llegan á poco más de un watt en las lámparas Nernst, y descienden á un watt, y por debajo de un watt en las modernas lámparas de filamentos metálicos.

Esta doble circunstancia, de baja en el precio y baja en el gasto de energía eléctrica necesaria para la misma intensidad luminosa, ha ejercido una influencia capital y decisiva en el desarrollo del alumbrado eléctrico.

Es interesante bajo el punto de vista económico, aceptar por regla general el criterio de emplear lámparas de reducido consumo de energía, á pesar de saber anticipadamente que como consecuencia de ello, el gasto que se refiere á la sustitución ó reemplazo de las mismas, ha de aumentar grandemente.

Un sencillo ejemplo evidenciará la importancia que tiene este asunto.

Datos:

Tiempo que se considera; 1.000 horas de alumbrado.

Consumo de la lámpara de corta duración; 2'5 watts por bujía.

Consumo de la lámpara corriente; 4'0 watts por bujía.

Duración de la primera lámpara; 150 horas.

— — — corriente; 1000 id.

Se trata de 100 lámparas de 16 bujías:

100 lámparas de 16 bujías, ardiendo 1.000 horas y consumiendo 4 watts por bujía y hora, vale su consumo á 10 céntimos hectowatt 6.400 ptas.

Gastos de sustitución de las lámparas en este caso 0'000 —

Total gasto 6 400 —

100 lámparas de 16 bujías, ardiendo 1.000 horas y consumiendo 2'5 por bujía y hora, vale su consumo 4.000 —

Gasto por reemplazo de las lámparas en las 1.000 horas, siendo seis veces sustituidas y de 1 peseta el precio de cada lámpara 600 —

Total gasto 4.600 =

Economía realizada . 1 800 —

Este sencillo razonamiento evidencia, que existe economía de 1.800 pesetas relativamente á si se emplearan lámparas normales, consumiendo 4 watts por bujía y con 1.000 horas de duración, y esto en el supuesto de ser sólo de 150 horas la duración de las lámparas consumiendo 2'5, duración que hoy día llega á 500 y 600 horas. Solamente en el caso excepcional de ser extraordinariamente bajo el precio del fluido y ex-

cesivamente caro el de la lámpara, es como puede resultar buen cálculo mercantil, la práctica contraria á la que se aconseja en los anteriores razonamientos.

Las lámparas incandescentes se alimentan indiferentemente con corrientes continuas ó alternativas. A primera vista parece que las corrientes alternativas no son adecuadas al funcionamiento de las lámparas incandescentes, pero la experiencia ha demostrado que, con frecuencias superiores á 30 períodos por segundo, no son inferiores á las continuas. Hay modelos especiales de lámparas de incandescencia, en las cuales su duración es menor cuando se empleen las corrientes alternativas.

Para el alumbrado interior de salones y departamentos habilitados con lujo, está en el día muy generalizado el empleo de lámparas incandescentes, con fisonomía parecida en su conjunto á la que afectan las velas, cuya imitación se busca.

MÁQUINAS.

Se dividen las *máquinas* en dos grupos principales: *magneto-eléctricas* y *dinamo-eléctricas*.

El campo magnético, en el cual el inducido se desplaza, puede ser producido, bien por un imán permanente ó ya por un electroimán.

Las máquinas en las cuales se emplea el imán permanente, se llaman magneto-eléctricas; aquellas otras en las que el campo magnético es producido por un electroimán, denominanse dinamo-eléctricas.

Los imanes permanentes parecen á primera vista más ventajosos, porque el entretenimiento del campo magnético que crean, no exige ningún gasto; pero como la fuerza electromotriz de inducción es proporcional al campo magnético y éste con los electroimanes es mucho más poderoso que el formado por los imanes artificiales, resulta que á igualdad de potencia la excitación electro-magnética permite reducir

en proporciones verdaderamente notables la cantidad de hilo de la armadura, y por tanto, disminuir su resistencia, así como las diversas pérdidas de la máquina.

Así, pues, á igualdad de potencia, las máquinas magneto-eléctricas son más voluminosas y caras que las dinamo-eléctricas, razones ambas en que se apoya la justa preferencia que á estas últimas se les dispensa para las aplicaciones industriales.

No es esta solamente la clasificación que admiten las máquinas eléctricas.

Si se considera la forma de su inducido, pueden ser de *anillo, tambor y disco*.

Si es el número de polos de que constan los inductores, admiten la denominación de *bipolares y multipolares*.

Si por la manera de excitar los electros se analizan, clasifican en dinamos con *excitación independiente, en serie, derivación y compound*.

Por último, y esta es á nuestro juicio la división más importante, en *dinamos de corriente continua* y en *dinamos de corrientes alternativas y corrientes polifásicas ó alternadores*.

La dinamo no es más que una aplicación de los fenómenos de inducción electromagnética.

Un circuito cerrado se desplaza en un campo magnético intenso, dando con ello nacimiento á corrientes inducidas en el primero. Este desplazamiento ó movimiento lógrase, mediante la utilización ó empleo de determinada cantidad de energía mecánica, que queda transformada por este medio en energía eléctrica. Ésta á su vez se transforma en los aparatos de utilización, bien en energía calorífica (lámparas eléctricas), ya en energía química (acumuladores, galvanoplastia, aparatos electrolíticos), ó también, por último, en energía mecánica (motores eléctricos).

Vemos, pues, que una dinamo no es otra cosa que un transformador de la energía mecánica en energía eléctrica,

pues en electricidad convierte la energía del vapor, del gas, del salto de agua y de cualquier fuerza que en darle movimiento se emplea.

Y su utilísima bondad á tal extremo llega y tan propia y adecuadamente á la transformación se presta, que con igual sencillez verifica ó ejecuta la operación inversa; es decir, que si es energía eléctrica lo que poseemos, energía mecánica nos da con la mayor facilidad y presteza, si ese es nuestro deseo.

Toda dinamo, cualquiera sea su clase, condición y naturaleza, se compone de tres órganos esenciales, muy necesitados de atención.

1.º El *inductor*, cuya finalidad no es otra, sino crear el campo magnético necesario ó la inducción.

En él hay que considerar cuatro partes principales: *núcleos* de los electroimanes, *piezas polares* entre las cuales se desliza el inducido, *culata* y *bobinas inductoras*.

2.º El *inducido* ó *armadura*, que se sitúa en campo magnético por el inductor creado, y en el cual toma vida la corriente eléctrica que la inducción desarrolla.

En él debe considerarse el *núcleo* ó *alma* de hierro dulce, sobre el que se verifica el *arrollamiento* del hilo conductor aislado y con disposición tal, que por el intermedio del circuito exterior ó circuito de utilización, ó ya por sí solo, constituye un circuito eléctrico enteramente cerrado. De aquí la denominación de *arrollamientos cerrados y abiertos*. Hoy día no se utilizan más que los *arrollamientos cerrados*.

3.º El *colector* y las *escobillas*, indispensables elementos para recoger y enderezar las corrientes producidas en la dinamo y darles salida, á fin de que se utilicen en el circuito exterior.

Terminaremos esta ligera descripción de la dinamo, á cuya mejor inteligencia puede contribuir la lámina que más adelante se inserta, diciendo, que independiente de los órganos eléctricos que enumerados quedan, lleva otros mecanismos no menos necesarios. Tales son la *polea*, *correa de transmisión*,

disco de acoplamiento si directamente con el motor se relaciona, *engrasadores, ejes, etc., etc.*

REGLAS PRÁCTICAS PARA ACOPLAR Y DESACOPLAR LAS DINAMOS DE CORRIENTES CONTINUAS.

Explicada ya la disposición en que se establecen las comunicaciones, para tener las dinamos en aptitud de ser prontamente agrupadas en cada una de las diversas circunstancias que ocurrir pueden, diremos dos palabras solamente, acerca de la maniobra para acoplar y desacoplar dinamos en cantidad, por ser ésta la más frecuentemente empleada.

Pueden presentarse los casos siguientes:

1.º *Acoplar una generatriz, á otra ya puesta en marcha.*
 2.º *Retirar una dinamo, de un grupo de ellas que marchen unidas.*

3.º *Retirar dos de un grupo, unidas y de una sola vez.*

4.º *Acoplar dos á un mismo tiempo.*

CASO 1.º Póngase en marcha la máquina que se trata de acoplar, hasta que se obtenga la velocidad de régimen; compruébese la indicación del volmetro instalado. Cuando su lectura referente al voltaje en los terminales, sea igual á la de la máquina que está ya funcionando, ciérrase rápidamente el interruptor y régúlese con el reóstato de los inductores movido á mano, hasta que la carga se comparta, entre la acoplada ahora y la que anteriormente estaba en marcha ó movimiento.

Por lo que expuesto queda, vése bien claro que la preocupación única estriba, en no acoplar sin antes haber igualado el voltaje.

EJEMPLO. Supongamos se desea acoplar una dinamo á otra, ya en trabajo en una red de distribución, en la que hay en el momento considerado:

Volts en los terminales 100

Ampéres 400

Empezaremos por poner en movimiento la segunda, cerrando el conmutador del volmetro de los terminales ó del cuadro, para ver su indicación.

El voltaje empezará á elevarse á medida que la velocidad aumenta, y al llegar á los 50 volts, empezaremos á correr la resistencia de regulación de los inductores, hasta que tengamos tres cuartas partes de sus contactos intercalados; hecho esto, esperemos que nuestro volmetro, es decir, el de la máquina que tratamos de poner en circuito, llegue al valor de 100 (cifra del volmetro correspondiente, á la otra ya en función).

En este preciso momento, ciérrese el interruptor de la nuestra y vaya lentamente haciéndose descender la resistencia, hasta que indique en su amperómetro 200 ampéres. Dicho se está, que á medida que retiramos resistencia á la nuestra, hay que aumentarla en la otra ó bien reducir lentamente su velocidad hasta obtener la mitad exacta de la carga del circuito.

CASO 2.º Si las máquinas ó motores están directamente acoplados á las dinamos, procederemos como sigue:

Comiéntese por reducir ó acortar la velocidad de la máquina que deseamos retirar, haciendo variar la resistencia de las demás en función, hasta que la carga en ampéres de la que deseamos parar, sea inferior á 10 y preferentemente cero. En este caso levántese el interruptor y maniébrese con su resistencia, hasta que el voltaje sea menor de 50 volts. En este momento, levántense las escobillas y párese la máquina en definitiva.

Si no están las dinamos directamente ligadas á los motores, procederemos intercalando resistencias en los inductores de la que se desea parar, y rebajando la resistencia inductora de las demás, hasta que el amperómetro de esta máquina indique por debajo de 10 ampéres. En este caso, la carga ha pasado á las otras que funcionan: ábrase el interruptor, póngase más resistencia hasta descender por debajo de los 50 volts, levántense

las escobillas y cámbiense la correa á la polea loca, quedando así retirada la máquina, sin alteración visible en el alumbrado.

CASO 3.º En este caso, procédase exactamente igual que al retirar una sola, con la sola variante de que se maniobra con dos y á un mismo tiempo.

CASO 4.º Puede procederse como en el caso de acoplar una á otra en marcha, pero maniobrando con las dos al mismo tiempo.

Réstanos por advertir, se señalan 10 ampéres como máximo al retirar el interruptor para parar una máquina, porque si la intensidad se acerca á los 25 ampéres, hay el peligro de producirse un arco, debido á la extracorrente de ruptura al abrir el circuito, cuya chispa podría poner en cortocircuito la máquina que deseamos parar, estropeándola en breves momentos.

Además de esta consideración, existe la de que el grupo de máquinas ó la máquina que queda en servicio, si se le asigna una cantidad de carga grande á tomar bruscamente, se dará lugar á que se produzca una oscilación en el alumbrado, como derivada consecuencia de la variación de tensión sufrida.

Por idéntica causa, se fijan los 50 volts, como indicación conveniente para poder ya levantar las escobillas. Con voltaje superior á ese, la chispa producida al levantar la última de cada polo, ocasionaría daño al colector.

Con hilo de equilibrio entre las máquinas que se han de acoplar, el procedimiento es el mismo, con el solo cuidado de maniobrar con el interruptor de este hilo en los momentos oportunos.

ALTERNADORES POLIFÁSICOS.

Los alternadores polifásicos son, los alternadores ordinarios con la disposición conveniente para producir las corrientes de esta naturaleza.

Esa disposición á que se alude, concrétese ó redúcese más

principalmente, á modificaciones en el arrollamiento del inducido; pues no debe ponerse en olvido que las corrientes trifásicas no son otra cosa, que grupos de corrientes alternas, de las que cada una difiere de las otras en una porción constante de período y que se recojen en anillos colectores para darles salida á los circuitos de utilización.

Como explicación clara y sencilla de la manera de producir

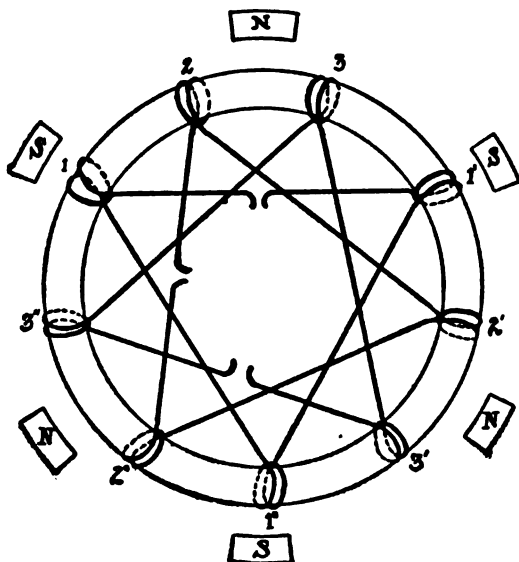


Fig. 6.

en el alternador las corrientes trifásicas, por ejemplo, analícese la figura (fig. 6) al objeto dibujada.

Entre todos los polos del mismo nombre, tomados dos á dos, se disponen tres series de bobinas inducidas equidistantes, tales como la 1-2-3, 1'-2'-3', etc.

Las diversas bobinas de una misma serie 1-1'-1'', etc., 2-2'-2'', etc., estando ligadas en tensión, cada una de estas series serán lugares de generación de corrientes inducidas, con fuerzas electromotrices que tendrán el mismo período, pero

discordantes ó caladas la una con relación á la otra, en un tercio de período. Se obtendrán así corrientes trifásicas; y si sólo estableciéramos dos series—en lugar de las tres que en el ejemplo hemos considerado—corrientes bifásicas.

Si esto mismo lo quisiéramos explicar refiriéndonos á un alternador trifásico, podríamos razonar como sigue.

Supongamos un alternador (fig. 7) monofásico del tipo usual, con inducido fijo é inductores móviles, del cual es en parte representación la figura dibujada.

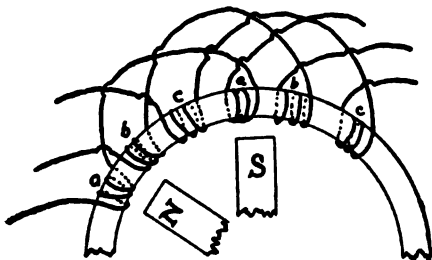


Fig. 7.

Admítase que en lugar de un solo arrollamiento en la parte de inducido situada en el ángulo que forman dos polos, hay tres con la misma longitud de hilo, y empezando cada uno como claramente muestra el grabado ó quiere hacerse, ver, $\frac{1}{3}$ del ángulo á que nos hemos referido.

Evidente es, que con ello habremos formado un grupo de tres generadores, produciendo corrientes del mismo período y amplitud, de igual fuerza electromotriz, y solo diferenciándose entre sí en el $\frac{1}{3}$ de período con que las hemos calado ó establecido.

Esos tres arrollamientos del inducido de que hablamos, nos dan seis extremidades de hilos. Y ya sea la disposición del inducido en la forma de triángulo, bien en la de estrella, tres de sus extremidades son las que se utilizan para relacionarlas con los anillos establecidos en el eje, ó terminales si el inducido no gira, y darle salida á las tres fases de igual potencial para los circuitos exteriores ó de utilización.

El voltaje de estos tres circuitos será, igual ó el mismo en todos ellos; pues como en suma son tres corrientes alternas las que en estos circuitos se recojen y en la generación de las mis-

mas todo es idéntico, el inductor único, el número de revoluciones, la longitud del hilo del inducido y el número de ellos, evidente es que la fuerza electromotriz, tiene que ser la misma en cada uno.

Hemos dicho anteriormente, que para agrupar los tres circuitos de un inducido perteneciente al alternador trifásico, se utilizaba el montaje en triángulo ó el montaje en estrella. Explicaremos esto, siquiera ligeramente sea.

En el montaje en *triángulo* (fig. 8) los tres circuitos del inducido $A B$, $B C$ y $C A$, discordantes en un tercio de período,

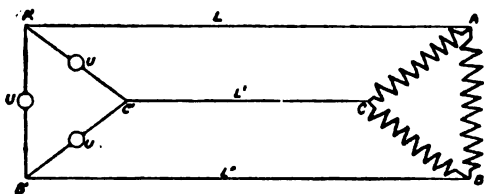


Fig. 8.

están ligados por sus extremidades á las tres anillas ó virolas establecidas en el eje. De ellas parten los tres conductores L , L' , L'' . Y

en el trayecto de ellos utilizanse los aparatos receptores U , mediante igual disposición de triángulo, como la figura muestra, dada al inducido.

Estos tres conductores bastan para conducir las tres corrientes alternas producidas en el inducido, porque como los puntos A , B y C del mismo, distantes entre sí 120 grados, no quedan nunca en el giro que efectúan á un mismo lado de la zona neutral á la vez, las corrientes que salgan al exterior por uno de los anillos tendrán su retorno por los otros dos, ó si salen por dos de ellos, harán ambas su retorno por el tercero, en el supuesto de que estos tres conductores se unan entre sí. Así es, que el cambio de dirección de las corrientes en los tres conductores, tiene lugar sucesivamente con retrasos á intervalos de tiempo de un tercio de fase. De una manera más general: en un alternador polifásico podían formarse tantos circuitos independientes como fases hay, y nada impide darle á todos estos circuitos un hilo de retorno común, por el cual

pasará á cada instante la corriente resultante de las diferentes fases: ahora bien, esta resultante en un sistema polifásico es constantemente nula, por lo tanto puede suprimirse y se suprime el hilo común de retorno, quedando tantos hilos en la línea como fases hay.

En el montaje en *estrella* (fig. 9) los tres circuitos $O A$, $O B$ y $O C$ del inducido, se reúnen entre sí, y en el punto O tres de los extremos de las tres series de carretes, y los otros tres extremos se afirman á los anillos. De allí salen los tres conductores, que se ligan entre sí para la utilización de los aparatos receptores, adoptando la misma disposición de estrella de que va afectado el inducido.

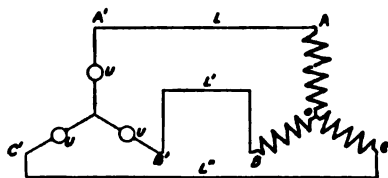


Fig. 9.

Se llaman *puntos neutros*, los O y O' comunes á los tres circuitos.

Es particular muy merecedor de ser aquí consignado, no ser indiferente aceptar uno ú otro montaje; pues por lo que se refiere á la diferencia de potencial entre dos conductores de fase, resulta en el montaje de estrella mayor que en el de triángulo.

En este último, para una misma tensión entre las fases $A B$, $B C$ y $C A$ (triángulo), la diferencia de potencial entre dos hilos de línea cualquiera, es igual á la de una fase, tal como $A B$. Pero en el montaje en estrella y para una misma tensión también en las fases $O A$, $O B$ y $O C$, no es igual á la tensión de una de ellas $O A$, por ejemplo, sino á esta misma ó á otra—pues todas son iguales—pero multiplicada por $\sqrt{3}$.

Estos diversos conceptos, expuestos en este último y anteriores párrafos, podemos resumirlos ó condensarlos en términos más generales y precisos, como sigue:

a.—En las corrientes trifásicas, solo son necesarios 3 conductores principales: en las bifásicas ó de dos fases, se necesi-

tan 4, ó 3 también adoptando uno de retorno común de mayor sección. En este caso no puede suprimirse el hilo de retorno, porque, la resultante de las corrientes bifásicas no es nula, como sucede en las polifásicas.

b.—La diferencia de potencial entre dos cualesquiera de ellos, es la misma. Hay, pues, tres circuitos á igual potencial.

c.—Si el montaje es en estrella, la diferencia de potencial entre dos conductores es igual, á $\sqrt{3}$ veces la que se obtiene con el montaje en triángulo.

Este factor $\sqrt{3}$ ó su equivalente 1'73, debe tenerse muy en consideración, porque como se verá más adelante al tratar de los sistemas de distribución, llega á tener importancia señaladísima.

Y terminaremos estos datos referentes á los alternadores

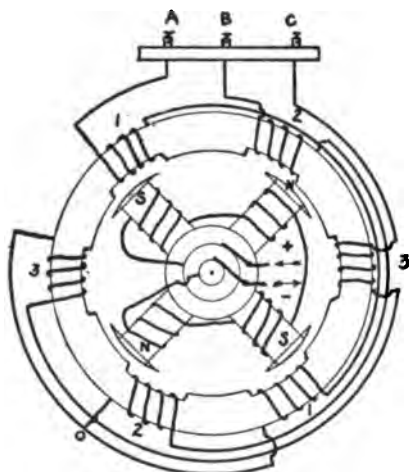


Fig. 10.

trifásicos, presentando con la figura 10 un esquema del mismo, en el cual todo lo esencial ha sido considerado.

Como se ve, el inductor que generalmente en estas máquinas es multipolar gira, y el inducido es fijo. Consecuencia de ello es, el no ser necesarios anillos colectores para que por el frotamiento de las escobillas se recoja la corriente alternativa, bastando para

el caso los terminales A, B y C, á los cuales las corrientes inducidas llegan y tienen fácil salida al exterior, por el intermedio de los conductores que se conectan.

Tiene este alternador 2×3 carretes, estando acoplados en

serie los que pertenecen á la misma fase 1, 1 — 2, 2 — 3, 3: el principio ú origen de las tres divisiones del arrollamiento, está en los tres terminales, y las terminaciones todas unidas entre sí por el conductor *O*, porque la disposición ó montaje es en estrella.

En el eje de giro, se ven dos anillos colectores para recoger la corriente continua de la excitación que alimenta á los inductores, y cuyo particular queda bien claramente representado en la figura.

Como con las dinamos de corriente continua, el núcleo ó armadura del inducido de los alternadores está compuesto de planchas delgadas aisladas unas de otras, y con ranuras ú orificios para alojar los conductores inducidos.

AVERÍAS DE LOS ALTERNADORES.

Puede ser de utilidad práctica inmediata, tener á la mano en todo momento el procedimiento que seguirse debe, para el remedio de la avería más frecuente que ocurre en los alternadores de inducido giratorio.

Es, por esta razón, que exponemos en este lugar, los consejos y enseñanzas que la experiencia ha sancionado como buenos y deben ser observados.

La fuerza centrífuga, suele ser el motivo ú origen de las averías que en el bobinado del inducido giratorio ocurren. Su manifestación externa, una de las dos siguientes:

1.ª Grandes chispas, en sentido circular.

Ellas significan, existe contacto entre alguna ó algunas bobinas del inducido y la armadura.

2.ª Elevación grande en la temperatura, y baja señalada en el voltaje.

Origina esto, el contacto entre unas y otras bobinas del inducido.

Tanto en el uno como en el otro caso, el funcionamiento es irregular, y primera é inmediata maniobra que practicarse

debe ser, parar el alternador y proceder á un minucioso reconocimiento.

Este debe persistir, hasta señalar bien la parte dañada; que si á la simple vista no es marcapable como algunas veces acontece, el empleo del galvanómetro ó medidor de aislamientos,* subdividiendo el inducido y marchando en la investigación de la avería por secciones ó trozos contrastando sus estados, nos la dará á conocer ciertamente.

Alcanzado esto quedará el alternador preparado ó en disposición de que se pueda trabajar en el mismo con relativa facilidad, y sacará con cuidado la bobina ó bobinas averiadas, para proceder á su composición en los términos que siguen.

Se requema la bobina averiada á fuego lento, haciéndola previamente un rollo, cuidando no lleguen á desprenderse llamas aisladas, y procediendo después en frío á limpiarla con tela esmeril.

Si el alambre se hubiera cortado, por efecto del arco producido en la avería, se suelda con plata y después se forra, procurando que el empalme no abulte nada.

El forrado se hace con algodón especial, que fácilmente se encuentra hoy ya en todas partes, y se debe tener en cuenta que el grueso de la capa que constituye el forro, no exceda del 2 por 100 del diámetro del conductor considerado.

Lista ya la bobina ó bobinas recompuestas, y antes de dar por terminados los cuidados requeridos para que el alternador quede en condiciones de buen funcionamiento, debemos tratar de que estas bobinas se coloquen en iguales condiciones para el trabajo que las que están en uso, convenciéndonos además de la bondad de la reparación efectuada.

Al efecto y si sólo fuese una la bobina compuesta, procederíamos aisladamente con ella á secarla bien ó despojarla de toda humedad, lo cual conseguiríamos calentándola largo rato, por el intermedio de la corriente eléctrica de la excitación ó la de un transformador.

* Any instrument for testing insulation.

Si fuesen varias, entonces se conectan estas bobinas á los lugares que deben ocupar en el alternador; se corta la comunicación con el cuadro, sustituyéndolo por un amperómetro para intensidad doble de corriente de la que el alternador generalmente emplea, y se procede como sigue:

Se hace girar lentamente el alternador, excitándolo hasta que nos dé el número de ampéres deseados, y que como mínimo, convienen sean dobles de los de su carga ordinaria, manteniéndolo en esta disposición tres horas. Al cabo de ellas, la humedad ha sido expulsada, y la goma laca y demás composiciones empleadas para el forro, aislamiento y conveniente colocación de las bobinas recompuestas, ha sido tratada lo bastante para que si alguna deficiencia se produce, se manifieste al parar y aplicar un galvanómetro. Y dicho se está, que si después de la elevada temperatura sufrida por las bobinas recompuestas, no acusan ninguna desviación, puede con toda confianza ponerse el alternador en servicio. En la práctica hoy día son más preferentemente empleados los alternadores de inducido fijo é inductor móvil. Obedece esta preferencia, al hecho de que el circuito de más alta tensión y el más expuesto á averías, el inducido, está inmóvil, no sujeta á fuerza centrífuga alguna, puede ser mejor aislado, y mejor entretenido y la facilidad para reparar cualquier desarreglo es mayor también.

CUIDADOS PARA LA INSTALACIÓN DE DINAMOS.

a.—Se instalarán las máquinas en locales secos, ventilados y frescos, para no estropear el aislador.

b.—El sitio que se elija, debe permitir fácil acceso á todos los órganos, para que puedan ser registrados.

c.—La dinamo debe fijarse en tales condiciones de rigidez, que preste suficiente garantía contra toda especie de vibraciones. Echando esto al olvido, el colector se estropea rápidamente.

d.—En las instalaciones abordo, se recomienda no solo la

solidez de los asientos, sino también que el eje del inducido esté en dirección paralela al plano longitudinal del buque.

e.—El sitio más económico en los vapores mercantes para la instalación de las dinamos, es la cámara de máquinas; pero no es el más conveniente para su conservación.

f.—Al montar la armadura, debe cuidarse no se estropee el devanado, para lo cual se le apoya ó hace descansar en almohadillas de paño.

g.—Es interesante que el zócalo ó armazón de la dinamo, se adapte bien á la placa de asiento. De no guardarse esta precaución, la situación de la máquina queda falseada cuando se aprietan los pernos de sujeción. Debe existir aislamiento magnético entre la armazón de la dinamo y el piso, si éste es metálico. Una plancha de zinc interpuesta entre los dos, es suficiente á este objeto.

Cuidados que deben tenerse en el manejo de las dinamos.

—*a.*—El primero y más esencial consiste en asegurarse que todos los elementos en los cuales el aislamiento es una necesidad, la llenen debidamente.

Los porta-escobillas y los terminales, deben estar aislados del resto de la máquina; la dinamo es necesario que lo esté de la tierra; y últimamente no debe existir ninguna comunicación entre el arrollamiento y las masas metálicas,

Cerciorarse de estos extremos, es asegurar el buen funcionamiento de la dinamo, y puede tal seguridad obtenerse empleando el siguiente procedimiento.

Se coloca un galvanómetro en el mismo circuito que una pila, ó mejor una batería de acumuladores; y si ahora se toca simultáneamente con los dos extremos del hilo, en puntos que deben estar aislados el uno del otro, el galvanómetro no debe acusar ninguna desviación de su aguja.

Para cerciorarse, por ejemplo, si un terminal está aislado del batiente de la máquina, no hay más que tocar con un extremo á éste, y con el otro al terminal; si el aislamiento es perfecto, no debe pasar corriente.

De la misma manera pueden ensayarse las diferentes bobinas de la máquina. Si [no] * hay solución de continuidad, es decir, si el hilo no está interrumpido, la aguja del galvanómetro debe desviarse. Lo contrario indicará un defecto en la bobina.

En la práctica y para reconocer los defectos de aislamiento, se hace uso de unas cajas de pequeñas dimensiones provistas de timbres y pilas, que sustituyen con ventaja al galvanómetro.

Es evidente que esta operación tendrá tanto más valor, cuanto el voltaje aplicado en la prueba se aproxime más al que en la práctica están sometidas las partes que deben estar aisladas.

b.—Debe tenerse cuidado, si se llega á percibir olor á cosa quemada, cuando la dinamo funciona.

Ocurre esto á veces, como consecuencia de que el polvillo metálico que sobre el colector se deposita, da lugar á que se establezca un corto-circuito entre dos láminas del mismo, ocasionando que la materia aisladora que las separa sufra una elevación grande de temperatura. Limpiándolo convenientemente, queda remediado el defecto.

c.—Puede ocurrir al tratar de poner en movimiento la máquina, que ésta no suministre corriente.

Este caso suele presentarse como consecuencia de ser muy débil el magnetismo remanente de la misma. El remedio es cebarla de nuevo.

También la ausencia de corriente puede ser debida á defectos de aislamiento en los terminales, porta-escobillas, bobinas de los inductores ó aislante entre el colector y el eje. Se comprueban estos defectos con el galvanómetro, como anteriormente hemos visto.

d.—Se recomienda que en las proximidades de los polos de la máquina, no se coloquen objetos de hierro. Las aceiteras para la lubricación deben ser de zinc.

* The word supplied in brackets is missing in the original text.

e.—En las máquinas de alta tensión, 2.000 volts, por ejemplo, si hay necesidad de tocar algún órgano estando en movimiento, debe el operador ir provisto de guantes de cautchouc.

La recomendación hecha en otro lugar de no servirse nunca de las dos manos, en este caso adquiere mayor fuerza.

Generalmente las máquinas trabajando á alto voltaje se montan de manera, que los operarios al tener acceso á ellas queden completamente aislados del suelo. No por esto, sin embargo, debe emplearse más de una sola mano.

Resumen de los desarreglos que más frecuentemente se producen en las dinamos y causas que los originan.—1.—*La dinamo no da corriente.*

Puede esto obedecer á las siguientes causas:

a.—Ser muy débil el magnetismo remanente de los inductores.

b.—Existir algún contacto defectuoso.

c.—Algún corto-circuito ó mal aislamiento, en los organismos de la dinamo ó en el circuito exterior.

d.—Circuito abierto en los órganos de la dinamo ó en el circuito exterior.

e.—Inversión de las bobinas de los inductores, es decir, haber sido colocadas sobre los núcleos en sentido opuesto al normal, en que sus conexiones deben establecerse.

2.—*Grandes chispas en las escobillas.*

a.—Demasiada carga en la dinamo.

b.—Mala colocación de las escobillas.

c.—Mal estado del colector.

d.—Mal estado de las escobillas y porta-escobillas.

e.—Interrupción en el circuito del inducido, la cual generalmente se verifica en el lugar en que los hilos del inducido se ligan con las láminas del colector.

f.—Corto-circuito en el inducido.

g.—Aislamiento defectuoso de una de las bobinas de los inductores.

h.—Debilidad del campo magnético inductor.

3.—*Una elevación anormal de temperatura en los órganos de la dinamo.*

Puede esto obedecer á las siguientes causas:

a.—Recalentamiento del inducido como consecuencia de:

Corriente demasiado intensa en el circuito exterior.

Corto-circuito en el arrollamiento del inducido.

Corrientes de Foucault en el núcleo del inducido.

Humedad en las bobinas del inducido.

b.—Recalentamiento de los inductores, como consecuencia de una de estas tres causas:

Corriente de excitación demasiado intensa.

Humedad de las bobinas de los inductores.

Corrientes de Foucault en las piezas polares.

c.—Recalentamiento de los soportes, como consecuencia de cualesquiera de las causas que siguen:

Lubrificación defectuosa.

Cuerpos extraños en los cojinetes.

Eje del inducido mal torneado.

Cojinetes demasiado cerrados ó defectuosos en su construcción.

Inducido colocado demasiado cerca de la piezas polares.

Correa demasiado tirante.

d.—Recalentamiento del colector, debido á cualquiera de las causas siguientes:

Excesiva presión de las escobillas.

Escobillas insuficientes para la carga.

Chispas excesivas.

Colector defectuoso.

4.—*La dinamo produce ruido ó una trepidación excesiva durante la marcha.*

Puede esto obedecer á las siguientes causas:

a.—Alguna tuerca aflojada.

b.—Inducido ó polea mal equilibrados.

c.—Choque del inducido contra las piezas polares.

d.—Mal hecha la junta de la correa.

e.—Mala colocación de las escobillas, que da origen á un ruido especial.

5.—*La dinamo no alcanza su velocidad normal.*

Puede esto obedecer á las siguientes causas:

a.—Demasiada carga.

b.—Corto-circuito en el inducido.

c.—Cojinetes demasiado apretados, ó polvo ó cuerpos extraños en los soportes.

d.—Frotamiento del inducido contra las piezas polares.

EMPLEO DE LOS ACUMULADORES EN LAS DISTRIBUCIONES.

Cuando se examinan los diagramas de consumo—curvas que representan la corriente en amperes suministrada por la central á las diferentes horas de un día—se observa, que solo durante una pequeña fracción del día es exigida á las dinamos la corriente normal, existiendo una grandísima diferencia entre ésta y la media, por consiguiente entre las potencias correspondientes.

Los acumuladores permiten utilizar máquinas de una potencia mucho más reducida, á condición de que sean cargados por aquellas durante las horas de consumo nulo ó pequeño.

A más de esta ventaja, proporcionan la de constituir una reserva útil en caso de avería en las dinamos y la grandísima de reducir, como acabamos de decir, las variaciones de tensión en las distribuciones, cuando las máquinas presentan irregularidades de velocidad ó detenciones momentáneas; cualidad importantísima en las distribuciones de alumbrado por incandescencia.

El inconveniente grave de los acumuladores es, su precio elevado y los cuidados que exige su entretenimiento; muy amonados hoy día con los progresos introducidos en su fabricación y el tomar á su cuenta algunas fábricas constructoras su entretenimiento á un tanto módico.

En un gran número de estaciones eléctricas, los acumuladores suministran, ellos solos, la energía necesaria para el alumbrado después de paradas las dinamos á las horas en que el consumo disminuye, ayudando á éstas en las de fuerte carga.

Sin embargo, su empleo en las grandes Centrales, donde existen asociadas en derivación con motores independientes y otra unidad ó unidades de reserva, listas en todo momento para alimentar la red, no está tan indicado como en las pequeñas instalaciones, sin reservas tan importantes, sin personal tan ejercitado y empleando frecuentemente motores irregulares.

Las baterías de acumuladores se emplean colocadas en derivación con los generadores por el intermedio de un reductor que sirve á regular el número de elementos, para que la corriente á régimen de descarga sea el apropiado, y con su disyuntor automático á mínima, protegiendo á los generadores.

Cuando se produce un cambio en las máquinas ó en la distribución, los acumuladores suplen al consumo con su reserva de energía, ó absorben el excedente de la potencia eléctrica desarrollada por los generadores.

Á una tal batería se le da el nombre de *batería tapón* (*batterie-tampon*), y como acontece con los motores irregulares, juega el papel de un poderoso volante, que regula ó suaviza las fluctuaciones de tensión de las dinamos. Esta regulación no es obtenida cuando la batería está sobrecargada, puesto que la tensión de 2'65 volts por elemento durante la carga, sabemos cae francamente á 2 volts próximamente á la descarga.

Conviene, pues, regular el número de elementos de la batería-tapón, destinada á amortiguar las variaciones bruscas, de manera que trabaje á razón de 2 ó 2'5 volts por elemento.

Esta aplicación de los acumuladores, exige el uso de dinamos capaces de producir una diferencia de potencial, superior en un 50 p.º á la tensión de distribución, debido á la elevación de la fuerza electromotriz de los acumuladores durante

la carga; sin embargo como se pueden dejar fuera de circuito los elementos que sirven para la regulación un poco descargados y continuar la carga completa con los restantes, basta sólo un 30 p.º/º de aumento de voltaje.

Una solución muy empleada respecto á este particular, es el uso de aparatos elevadores de tensión (*survolteur*), que no es otra cosa que una pequeña generatriz, cuyo inducido está en serie con la principal, de manera á suministrar el suplemento de tensión necesaria para la carga. El elevador de tensión es movido por el mismo motor de la generatriz principal ó por un motor eléctrico alimentado por la corriente producida por ésta. La excitación del elevador se une á la batería, por el intermedio de un reóstato que permite regular el exceso de tensión producido por aquel.

En aquellas instalaciones donde la demanda de corriente varía de una manera brusca, como en aquellas que sirvan ó alimenten tranvías eléctricos, es recomendable el uso de baterías de acumuladores mantenidos en carga y regulados de manera á funcionar á razón de 2'05 volts por elemento. Cuando la corriente absorbida por los tranvías es la normal, las dinamos trabajan solas; cuando crece, la tensión baja y los acumuladores ayudan á las generatrices, para alimentar la red; por último, cuando el consumo es menor que el normal, el voltaje crece y los acumuladores se cargan. La batería sirve, pues, de tapón ó volante para regular la producción de las máquinas.

CENTRALES DE ALUMBRADO.

Generalidades sobre el establecimiento de una Central de alumbrado.—Nada más difícil, que señalar por modo concreto el lugar que debe elegirse para Central, toda vez que la designación del local adecuado, obedece á causas que pueden ser muy diversas, en cada caso considerado.

Una vez sabida la cantidad de energía eléctrica que exige el proyecto de instalación, y si la fuerza motriz para ella necesaria se ha de producir con motores *hidráulicos*, de *vapor*, de *gas de hulla*, de *gas pobre* ó con *aire comprimido*, que son los diferentes medios de generar fuerza por la industria empleados, debe procederse á la adquisición del local, porque precisamente la designación de éste, es otro de los elementos que ha de servir de base para resolver qué clase de corrientes se han de emplear, si pueden ó nó utilizarse acumuladores, y otros extremos no menos interesantes, en la formación de proyectos y presupuestos.

En otras ocasiones, el local con que ya se cuenta, es el *pie forzado* * para la elección de la fuerza motriz que se ha de utilizar.

Una vez ésta designada y si es gas ó vapor la que se emplea, no deberá ponerse en olvido, que la fábrica situada en el centro de gravedad de la zona de iluminación, es la forma más económica para la instalación y explotación de la red, pero al mismo tiempo y por ser más costosos los edificios en los barrios céntricos que en los lugares apartados de la población, se hace muy difícil su adquisición, por el doble motivo del excesivo capital necesario y dificultad de hallar locales en esos sitios con la amplitud que el caso requiere.

Todos los lugares igualmente distantes del centro de gravedad presentan exactamente la misma economía en cuanto á peso de cobre necesario para la distribución.

Habida, pues, consideración á todos estos extremos, porque todos ellos deben ser tomados en cuenta antes de adquirirlo, se procurará, además, que el local designado, no sólo tenga capacidad para la maquinaria proyectada, sino amplitud bastante

* *Pie forzado*: "Verso ó cada uno de los consonantes ó asonantes fijados de antemano para una composición que haya de acabar necesariamente en dicho verso, ó que necesariamente haya de tener la rima prefijada." [Dictionary of the Spanish Academy, s. v. *pie*]. Hence in the text, "the condition to be taken into account."

Duración media anual del alumbrado.	Tanto por ciento de lámparas encendidas.
500 horas	40 por 100
750 “	50 “
1.000 “	60 “

La estadística referente á las ciudades más importantes de Francia, alumbradas por la electricidad, enseña puede admitirse que el número máximo de lámparas encendidas en pleno invierno, es de un 60 por 100 del número total de lámparas instaladas.

Por lo que se refiere á conocer qué clase de consumidores son los que más convienen á las Centrales, pueden estimarse en el orden de preferencia que á continuación colocamos:

- 1.—Alumbrado público.
- 2.—Cafés y círculos de recreo.
- 3.—Teatros, si no están frecuentemente cerrados.
- 4.—Boticas.
- 5.—Almacenes al por menor.
- 6.—Fábricas.
- 7.—Oficinas.
- 8.—Habitaciones.

Carbón.—A continuación, los resultados obtenidos en diversos casos, tratándose de *distribución directa*, y no estableciendo, por tanto, como consecuencia del alto rendimiento que con ella se obtiene, distinción entre la energía producida y la energía utilizada.

Instalación con locomóvil y sin condensación:

2'650 kilogramos de carbón por kilowatt-hora.

Máquina compound con condensación:

3'100 kilogramos de carbón por kilowatt-hora.

Calderas multitubulares, motores compound con condensación:

4'920 kilogramos de carbón por kilowatt-hora.

Otra Central análoga á la anterior:

3'750 kilogramos de carbón por kilowatt-hora.

La anterior estadística enseña, que en los pequeños servicios la locomóvil presenta un coeficiente económico verdaderamente notable. La explicación de ello está más principalmente en las escasas pérdidas, como consecuencia del poco calor malgastado por radiación, condensación, etc., y escasa tubería para relacionar máquina y caldera.

En la *distribución por transformadores*, sí existe diferencia sensible entre la energía producida y la útil, siendo, pues, conveniente establecer esta misma distinción en los consumos.

Hé aquí las cifras dadas por M. Preece.

Central con transformadores continuamente en circuito:

3'260 kilogramos carbón por kilowatt-hora producido.

7'730 kilogramos carbón por kilowatt-hora vendido.

Central con transformadores no siempre en circuito:

4'000 kilogramos carbón por kilowatt-hora producido.

4'600 kilogramos carbón por kilowatt-hora vendido.

En la distribución por acumuladores:

3'400 kilogramos carbón por kilowatt-hora producido.

4'200 kilogramos carbón por kilowatt-hora vendido.

Como consecuencia de todo lo expuesto sobre consumo de carbón en los diferentes casos anotados, puede decirse, que su valor fluctúa entre 4 y 6 kilogramos por kilowatt-hora, siendo cifra aceptable la de 5 kilogramos como consumo medio.

Vapor.—Los consumos de vapor, son aproximadamente los siguientes, por caballo indicado.

Máquinas sin condensación:

A plena carga, de 12 á 18 kilogramos.

A carga variable, de 16 á 22 id.

Máquinas con condensación:

Á carga variable, de 9 á 13 kilogramos.

Á plena carga, de 7 á 10 id.

Agua.—El consumo de vapor y el de agua son sensiblemente iguales.

Sin embargo, el de agua y como consecuencia de las condensaciones que el vapor sufre por todas las tuberías, debe estimarse algo más elevado, pareciendo razonable valuarlo un 10 ó 15 por 100 más subido que el de vapor.

El agua necesaria para efectuar la condensación, es de veinte y cinco veces el peso del vapor que se ha de condensar. Así, pues, la máquina que consume 1.000 kilogramos de vapor por hora, necesita 25 toneladas de agua en el mismo tiempo, para la condensación.

Materias lubricadoras.—Bajo la denominación de materias lubricadoras, agrupamos nosotros las diversas sustancias empleadas en la lubricación de los aparatos.

Los consumos pueden estimarse aproximadamente como sigue:

Valvulina	0'008 kilog. por kilowatt-hora producido.
Grasas	0'005 “ “ “ “
Aceite para dinamos	0'002 “ “ “ “

TRACCIÓN ELÉCTRICA.

Ventajas de la tracción eléctrica sobre los otros sistemas conocidos.—Entre otras menos esenciales, podemos citar las siguientes:

a. No se experimenta durante la marcha trepidaciones ni sacudidas bruscas, si el coche está hábilmente manejado.

b. Se suprime el humo y también los malos olores.

c. La marcha ó velocidad, es mayor que la que se alcanza con fuerza animal.

d. Los vehículos pueden hacerse más ligeros y artísticos, y estar más profusamente iluminados.

e. Es más económico que los otros sistemas.

Economía obtenida.—Los gastos de tracción por coche-kilometro, en relación con cada uno de los sistemas hasta el día empleados, son los que siguen:

Tranvías de aire comprimido	0'45 pta.
“ “ vapor	0'43 “
“ con motor de gas	0'42 “
“ eléctricos	0'24 “

Bien claramente se comprende, que si hoy que la tracción eléctrica puede decirse que empieza, resulta á la mitad de precio que los otros sistemas ya perfeccionados, muy grande debe ser el porvenir que le aguarda, y justo esperar llegue á ser la preferida.

Desarrollo alcanzado.—El honor de haber establecido la primera línea de tranvías eléctricos, pertenece á Alemania.

En 1881, tuvo lugar la inauguración oficial de la línea Lichtenfeld, con el mayor éxito, entrando desde luego en explotación práctica.

Los Estados Unidos comenzaron en 1884 con la aplicación de este progreso, revistiendo al poco tiempo un desarrollo, que ha superado en mucho al alcanzado por toda Europa, como es fácil comprobar con las siguientes citas:

1889	50 líneas con	100 millas de recorrido.
1890	200 “ “	1.200 “ “
1891	275 “ “	2.250 “ “
1894	606 “ “	7.470 “ “
1895 (hasta Julio)	880 “ “	10.863 “ “

Poco después se unieron por medio de líneas de trole, treinta y cinco ciudades del Estado de Ohio. El sindicato Everett-Moore, es el que estaba al frente de este negocio.

Los tranvías eléctricos, existentes solo en Europa en 1898, alcanzaban las cifras siguientes en kilometros de línea y en número de carruajes para el servicio:

	Kilómetros.	Número de carruajes.
Alemania	642	2 493
Francia	396	664
Inglaterra	127	252
Suiza	146	237
Italia	132	316
Austria	106	243
Bélgica	69	107
España ¹	61	50
Rusia	30	6
Suecia	26	4

Y en el día basta decir, que rara es la población aun las de escasa importancia, que no tenga tranvías eléctricos.

Sistema de tracción.—La tracción eléctrica utiliza, ya la corriente continua bien la alternativa mono ó trifásica.

Los dispositivos para la transmisión de la corriente desde las generatrices fijas á los motores móviles, es lo que caracteriza el sistema de tracción.

La corriente puede ser transmitida á los carruajes por medio de conductores colocados sobre la vía (hilo de trole), al nivel de ella (tercer rail), ó introducido en un conductor subterráneo (Diatto, Claret y Villeumier, etc.).

Los electromotores comunican con estos conductores, por medio de *contactos móviles* arrastrados en el movimiento de los coches, (trole, arco, electro imán, captosres diversos de corriente, etc.).

Los dispositivos más empleados son: la canalización aérea

¹ Existían en 1° de Enero de 1906, 31 empresas de tranvías en España, con una red de 458,385 metros y un capital invertido de 75,664.724 pesetas. Transportaron 79,606.548 viaperos.

Para dar una idea del margen que todavía hay en España para esta aplicación de la electricidad, diremos, que 22 provincias no tienen implantado servicio alguno de tranvías. El recorrido de las diferentes líneas de Madrid, excede de 80 kilometros.

(hilo de trole) con trole ó arco, el tercer rail en los ferrocarriles eléctricos, y el sistema mixto de canalización aérea, por donde ésta es permitida, y tracción por acumuladores allí donde aquella es prohibida.

El retorno de la corriente en casi todos los sistemas, tiene lugar por los rails.

Con las corrientes alternativas se utiliza casi exclusivamente el hilo de trole.

El sistema de tracción por corriente continua puede dividirse: en baja tensión, hasta 600 volts, y tensión media 1.000 á 3.000 volts.

Vía para la tracción.—La única diferencia esencial que ofrece la vía, está señalada por la unión ó contacto perfecto entre los diferentes trozos de que el rail se forma ó compone, y en la especial figura de éste, para que permita un seguro y constante frotamiento de las ruedas sobre el mismo.

Los rails ó carriles tienen ordinariamente de 8 á 12 metros de longitud y son de formas muy diversas.

Como ellos sirven ordinariamente de conductores de retorno á la corriente, su conductibilidad debe asegurarse en el mayor grado posible.

Es, entre otros, procedimiento recomendable para este objeto, á parte de cuanto naturalmente se refiere á dimensiones y naturaleza, la unión de unos carriles con otros por duelas establecidas en sus caras laterales.

La canalización aérea.—Es la más económica y por ello, sin duda la más extendida y generalizada.

En la canalización aérea, la toma de corriente para el coche, se verifica por contacto con el hilo de cobre situado en los soportes ó consolas, mediante el sostenido frotamiento del trole, formado por una polea metálica colocada en la extremidad de una barra ó vástago, dispuesto en la parte superior del coche, y en el cual la existencia de muelles antagónicos lo sostiene levantado, facilitando así el no divorciarse del hilo, una vez hecho el encaje del mismo en la polea ya referida.

El giro fácil de la roldana, colocada en la cabeza del mecanismo de que tratamos, y la presión de aquella sobre el hilo de la línea, completan la acertada disposición que para el caso se requiere. El frotador, desempeña análogo papel que el de una escobilla en las dinamos.

La cuerda sirve para los cambios de la línea, que con tanta frecuencia hay que realizar en todo servicio de alguna importancia. Es una especie de guía para los movimientos del trole, cuando hay que cambiarlo de la posición que ocupa.

La línea va suspendida de los postes ó hilos transversales, por medio de unos soportes aisladores formados por varias piezas, que al unirse con el conductor, inevitablemente dejan en su parte inferior algún saliente, con el cual al pasar el trole, se producen chispas y origina no escasa exposición á que pierda el frotador su encaje ó disposición, si la velocidad del carruaje es subida ó muy brusco el cambio de dirección.

Cuando esto último ocurra, toda recomendación á los conductores de los tranvías es poca, para que empleen marcha excesivamente moderada, en la seguridad de que con ella y al evitar así la salida del trole y parada consiguiente á su colocación, es como se alcanza dar brevedad y rapidez á la llegada al punto de su destino.

La tensión más frecuentemente empleada en las líneas de tranvías es de 500 volts, que refiriéndose á corrientes continuas no debe estimarse para el *cuerpo humano* como necesariamente mortal, en el caso de recibir descarga por rotura del hilo aéreo, cualquier persona.

Esto no obstante, adóptanse diversas precauciones para evitar el contacto, en el caso de ocurrir la avería dicha, y aunque las hasta hoy establecidas no hayan logrado alejar de la manera más absoluta el natural temor de que se presenten, han quedado muy disminuidas sus peligrosas consecuencias.

La línea aérea, á pesar de estos señalados y reconocidos peligros, y sin perjuicio de lo que afean pueda la ornamentación de las calles con su tendido, presenta como indiscutibles

ventajas dos, que harán su empleo favorable por mucho tiempo; la notoria economía que caracteriza su establecimiento, y lo fácil y prontamente que en ella se remedian las inevitables averías, inherentes á toda instalación eléctrica.

No terminaremos de presentar esta fisonomía que ofrecen las líneas aéreas, sin decir, que siempre que ellas tienen alguna extensión é importancia, el hilo aéreo se alimenta con *feeders*, que parten de la fábrica generatriz, y están constituidos por cables de considerable aislamiento, directamente colocados en el terreno.

Canalización subterránea.—El deseo de obviar las dificultades que la línea aérea ofrece, ha hecho nacer la subterránea; sin los peligros para los transeuntes, sin el demérito para el ornato de la población, pero con numerosos inconvenientes también, entre los que pueden citarse como más importantes, el elevado coste de la instalación, la casi imposibilidad de librar á los conductores de la humedad y de las aguas, y lo tardío y difícil que en la práctica se hace la inspección de la línea, unas veces para preveer y evitar las averías, otras para corregirlas y remediarlas.

Todos los sistemas para esta clase de líneas, se parecen en lo esencial. El conductor va colocado en una cuneta ó canal unas veces y en ocasiones bajo la ranura de uno de los carriles. El coche toma el contacto por medio del trole, que afecta formas especiales, según los diversos casos y sistemas.

Este género de línea, indicado parece para los sitios céntricos de las grandes poblaciones. Es costoso en su instalación y en su entretenimiento y dificulta mucho el remedio de las averías; pero si todo quiere sacrificarse á que no desmerezca el ornato de la ciudad y á defender á las personas del riesgo de una descarga, su adaptación es recomendable.

NOTAS SOBRE ELECTRICIDAD

Interruptor electrolítico con anodo de carbón.*—El in-

* Del *Memorial de Artillería*, Madrid, Enero, 1911.

terruptor electrolítico Wehnelt, que tanto se emplea actualmente, lleva de ordinario un electrodo de platino, que se desgasta rápidamente por la acción de la corriente eléctrica, lo que supone una pérdida de alguna importancia, dado el elevado precio de dicho metal.

Con objeto de evitar ese inconveniente, se ha substituído el platino por otros cuerpos más baratos, tales como el níquel que emplea la Casa Siemens Halske, y el carbón, que ha sido propuesto por H. Kost.

La cuba electrolítica del interruptor Kost se llena de ácido sulfúrico diluído, de densidad de 0'16 á 0'22, en la cual se sumergen una placa de plomo y un diafragma de porcelana.

El anodo está constituído por una barra de carbón recubierta electrolíticamente de una película de cobre muy delgada. El espesor de ésta determina la intensidad máxima que puede pasar por el interruptor, y su misión es evitar que el carbón se quiebre á consecuencia de un calentamiento excesivo.

El interruptor Kost ha sido ideado con el objeto principal de poder intercalar una instalación de rayos X en una combinación de corriente alterna, pues puede emplearse también en los trabajos con corriente continua.—(*Del Madrid Científico*).

Toma de tierra para instalaciones eléctricas.*—En América se van generalizando las tomas de tierra de forma cónica. La parte cónica se forma de una hoja de cobre perforada, en la que se han dejado las rebabas. El embudo que así se obtiene se llena de carbón vegetal, y va atravesado en toda su longitud por un cable de cobre soldado al vértice. Los agujeros tienen por objeto permitir que el carbón absorba la humedad del suelo. Las rebabas contribuyen á aumentar la superficie de contacto y de descarga.

El embudo presenta su base mayor hacia arriba, y su vértice está formado por una pequeña masa de cobre.

Generalmente, se pone la toma de tierra al pie de un poste.

* Del *Memorial de Artillería*, Madrid, Enero, 1911.

Alrededor del cono se debe apisonar una cierta cantidad de carbón vegetal para aumentar la humedad y evitar las acciones químicas del suelo sobre el metal. Precisamente por esto debe proscribirse el empleo del cok, que siempre contiene azufre.—(*Del Madrid Científico*).

Acero para herramientas, obtenido directamente del horno eléctrico.*—En una reunión del Instituto de minas del Canadá, se ha dado cuenta de los trabajos realizados por J. W. Evans para la producción de acero de herramientas tratando directamente el mineral en el horno eléctrico.

La última instalación que ha hecho Mr. Evans consiste en un pequeño horno cilíndrico de 18 pulgadas de altura y 14 de diámetro, que tiene dos electrodos laterales, y se alimenta de la corriente eléctrica á 110 volts procedente de un transformador de 20 kilovatios de capacidad.

La intensidad de la corriente se regula por medio de un reóstato de tal manera, que no debe pasar de 200 ampéres. En general, sólo es posible hacer uso de unos seis á ocho kilovatios.

Para fundir en tan pequeña escala, se tritura primero el mineral, y después se mezcla con melaza y agua, desecándolo á continuación. Se emplea como reductor el carbón vegetal y como fundente la piedra caliza. Si el horno está previamente calentado y se trabaja con cinco ó seis kilovatios, la operación se termina en una hora, produciendo próximamente tres libras de acero. La proporción en que entran los distintos elementos es la siguiente: 100 onzas de mineral, 20 onzas de piedra caliza, 18 onzas de carbón vegetal, 10 onzas de melaza y 16 onzas de agua. Se saca el acero del horno sin añadirle ferromanganeso ni ningún desoxidante, y da un lingote homogéneo y tenaz de muy buena calidad para la confección de herramientas. Se han practicado ensayos con algunas de éstas procedentes del acero de referencia, con resultado satisfactorio.

Conviene hacer notar que, operando con hornos tan

*Del *Memorial de Artillería*, Madrid, Abril, 1911.

pequeños, no es práctico tomar de ellos una muestra de acero para someterla á un rápido análisis químico, como se haría con hornos mayores, y, por lo tanto, no es posible arreglar la composición del acero dentro del horno, de modo que el análisis del acero resultante no daría, en general, tan buen resultado como si se tratase de trabajos en mayor escala.

Scientific American, de donde tomamos esta nota, añade algunos datos para deducir el precio de acero obtenido por el procedimiento indicado, de los cuales resulta que una libra del mismo costará, próximamente, dos céntimos.

Sobre la definición de unidades eléctricas prácticas.*—En una nota de Ed. Guillaume, presentada á la Academia de Ciencias de Paris por J. Violle, se trata de la definición de las unidades eléctricas, según leemos en Comptes rendus de dicha Academia.

Después de recordar que en el Congreso internacional de electricidad reunido en Londres el año 1908, se adoptó como primera unidad el ohm y como segunda el ampére, deduciéndose de la ley de Ohm la tercera unidad, ó sea el voltio, y las unidades secundarias, según se indicó en esta sección del MEMORIAL del mes de febrero de 1909, manifiesta Ed. Guillaume que podía evitarse la discusión sostenida en el citado Congreso entre los partidarios de la elección del ampére y del voltio, pues si las unidades elegidas han de verificar la ley de Ohm, también deben verificar la ley de Joule, y admitiéndose ésta como base, todas las unidades quedarn definidas en cuanto lo sea el ohm, que es el que por unanimidad se ha adoptado en primer lugar.

Con la ley Joule no bastaría la adopción del ohm si se mantuviese para el wattio la definición generalmente admitida, ó sea, el producto del voltio por el ampére; pero esta definición presenta, á juicio del autor de la nota, el inconveniente de que considera al wattio aislado de la Mecánica, y contribuye á prolongar la existencia del caballo, lo que constituye hoy un

* Del *Memorial de Artillería*, Madrid, Abril, 1911.

flagrante anacronismo. Para evitarlo, propone para el wattio la siguiente definición: "El wattio es la potencia engendrada por el movimiento, á la velocidad de 1 metro por segundo, de una fuerza susceptible de comunicar á 1 kilogramo una aceleración de 1 m. cada segundo."

De este modo el wattio se reduce, en primer lugar, á una unidad práctica de Mecánica.

Ed. Guillaume añade que se podrían representar por medio de otros tantos patrones todas las unidades que fuera posible y útil poseer, bastando fijar tales patrones con la condición de que satisficiesen á las leyes de Ohm, Joule y demás usadas en electricidad; pero cree que esto presentaría pocas ventajas, pues de los patrones del ohm, ampére y voltio se deducen las otras unidades de electro-magnetismo per medio de operaciones sencillas, y pone como ejemplo la unidad de campo magnético, que es el gauss, como es sabio, del cual da la definición siguiente: "Es el campo que existe en el interior de un solenoide indefinido, cuya densidad de arrollamiento uniforme es de $10/4\pi$ vueltas por centímetro, que está recorrido por una corriente de un ampére."

Así definido, no depende el gauss más que del ampére.

El término densidad de arrollamiento empleado en la definición precedente, indica el cociente del número de espiras de un solenoide por la longitud de éste.

Obtención de depósitos de platino por galvanoplastia.*—

La obtención de capas adherentes de platino sobre los metales ordinarios es uno de los problemas más difíciles de galvanoplastia, y, sin embargo, tiene gran interés, porque el platino es inalterable por casi todos los agentes químicos, y los objetos recubiertos de este metal presentarían gran resistencia contra dichos agentes, y á la vez serían más baratos que si fueran de platino macizo.

Según dice Le Génie Civil, M. Max Baum ha empleado un procedimiento que le ha dado buenos resultados, en el caso

* Del *Memorial de Artillería*, Madrid, Abril, 1911.

de que el metal que se trata de recubrir de una capa de platino sea el hierro, ó mejor el níquel, únicos metales en que, por ser tan poco fusibles como el platino, susceptibles de forja como él y muy tenaces, hay ventaja evidente de someterlos al método que nos ocupa.

Para recubrir alambres de níquel procede Baum del modo siguiente: prepara un primer baño electrolítico compuesto de sales en las cuales la proporción de níquel y platino metálico sea, respectivamente, 3 y 1; la densidad de corriente es de 0'6 á 0'8 ampéres por dm.² de electrodos, y la tensión de 4 á 6 voltios. Se obtiene así un depósito compuesto de poco platino y mucho níquel. Se retiran los alambres del baño, se les lava, y después de secos se les calienta á una temperatura comprendida entre 900 y 1.000°, en una atmósfera de hidrógeno, lo que hace que el depósito sea más adherente, rugoso y apto para recibir otro nuevo depósito. Se repite dos veces la misma operación, seguida de caldas idénticas, pero con baños electrolíticos sucesivos en los que el níquel y el platino están en las proporciones de 2 á 2, y 1 á 3. Se termina por un baño que no contiene más que platino, en el cual se mantienen los alambres un cierto tiempo, que depende del espesor que se desea tenga la capa.

Los alambres de níquel obtenidos de este modo, pueden soldarse como si fuesen de platino.

Antes se obtenían alambres análogos depositando previamente sobre el hierro ó el níquel una capa de cobre, pero estos alambres no podían ser sometidos á una temperatura elevada, porque el depósito de platino se separaba del alambre y el metal de que éste estaba constituido quedaba al descubierto.

Tolerancia fisiológica del hombre para las corrientes alternativas.*—Los Sres. Kennelly y Alexanderson han efectuado ensayos para determinar las variaciones de la tolerancia del hombre para una corriente alternativa de frecuencia

* Del *Memorial de Artillería*, Madrid, Julio, 1911.

creciente desde 0 á 100.000 períodos por segundo, según dice Le Génie Civil.

La persona sometida al ensayo estaba en contacto con los electrodos por medio de dos recipientes llenos de una disolución salina buena conductora, en la cual sumergía las manos.

Se ha obtenido, como resultado de tales pruebas, un aumento regular de la tolerancia á medida que crece la frecuencia; pero sin estar bien definida la relación que existe entre la intensidad que puede soportar la persona y la frecuencia de la corriente. Las contracciones musculares no se producían mientras que la frecuencia era inferior á 50.000 períodos. La intensidad de la corriente estaba comprendida entre 20 miliampéres á 11.000 períodos, y 0'5 á 0'8 ampéres á 100.000 períodos. Aquélla era de 4 á 10 miliampéres cuando la frecuencia se reducía á 60 períodos.

Depósito de platino por medio de la electrólisis.*—Según indica la revista *Journal du Four Électrique*, puede obtenerse electrolíticamente un depósito de platino, sometiendo á la electrólisis una mezcla de cloroplatinato de potasio y un ácido orgánico. El baño que ha dado mejores resultados contenía 2 g. de aquella sal y 10 de ácido cítrico, por cada 100 cm.³ de agua, y debía ser mantenido á una temperatura de 85°.

La electrólisis no puede efectuarse de una manera continua, pues si se prolonga más de veinticinco á treinta minutos, se hace mal el depósito de platino. El procedimiento que se sigue en la práctica es interrumpir la operación cada diez minutos, pulimentando, al cabo de este tiempo, el objeto que se trata de recubrir de platino, á la vez que se añade al electrolito cierta cantidad de cloroplatinato de potasio.

Un baño puede servir para 20 ó 30 operaciones. Después se añaden algunas gotas de ácido clorhídrico para que pueda emplearse otras cinco ó seis veces más, y luego se somete el electrolito á las manipulaciones siguientes para recuperar el

* Del *Memorial de Artillería*, Madrid, Julio, 1911.

platino que contiene: se calienta á 60 ó 70° con potasa ó sosa, añadiendo un poco de alcohol, con lo que se obtiene un precipitado de platino esponjoso; se filtra, se lava este precipitado y se disuelve en agua regia; se evapora á sequedad y se trata por el cloruro de potasio, dando como resultado el cloroplatinato de potasio.

Lámpara de tungsteno y mercurio.*—Los Sres. Urbain y Feige han presentado á la Academia de Ciencias de París una nueva lámpara en la que se produce un arco en el vacío entre un anodo de tungsteno y un catodo de mercurio. La ampolla es un poco mayor que la de una lámpara ordinaria de incandescencia. Se enciende la lámpara mediante un electroimán que lleva el anodo en contacto con el catodo. La luz obtenida es muy blanca, debido á la combinación del tono azulado del arco de mercurio con el tono rojo de la incandescencia del tungsteno. El consumo es muy pequeño: 0'45 vatios por bujía.

Como el tungsteno es prácticamente infusible, apenas se desgasta y dura, por lo tanto, mucho tiempo. El inconveniente de esta lámpara es que sólo necesita una tensión de 12 volts, pero se espera llegar á términos más elevados aumentando la presión interior valiéndose de un gas inerte. (*Del Madrid Científico*).

Hierro electrolítico.*—El profesor Fischer, de Berlín, ha ideado un procedimiento para preparar electrolíticamente el hierro, que consiste, según indica *La Nature*, en precipitar el hierro de una disolución salina por medio de una corriente eléctrica, análogamente á como se hace para obtener el cobre llamado electrolítico.

El hierro obtenido de esta manera es muy puro; se le separa del electrodo, sobre el cual se deposita en forma de palastro muy brillante, muy sólido, y que puede trabajarse fácilmente. Eligiendo un electrodo apropiado se pueden obtener tubos ó formas más complicadas.

* *Del Memorial de Artillería*, Madrid, Julio, 1911.

El hierro electrolítico posee propiedades magnéticas interesantes: se magnetiza y desmagnetiza con rapidez mucho mayor que el hierro dulce, lo que resulta muy ventajoso para la confección de electroimanes.

Otras investigaciones para obtener el hierro electrolítico.*

—En un artículo publicado en la revista *Scientific American* se da cuenta de unas investigaciones realizadas en el laboratorio químico de la Universidad de Wisconsin para obtener electrolíticamente el hierro, y con tal motivo se plantea la cuestión siguiente: ¿Puede el hierro electrolítico considerarse como un producto industrial?

La contestación á esta pregunta depende de dos puntos principales, á saber: cualidades del hierro electrolítico y coste de su producción.

Prácticamente se ha visto que puede obtenerse el hierro electrolítico de una pureza de 99'97 por 100, tomando precauciones extraordinarias. Para ello se han empleado como ánodos hierros de la mejor calidad. El afino electrolítico ofrece un medio de reducir muchas de las impurezas encontradas de ordinario en el hierro, y permite obtener un material, no sólo muy puro, sino de gran uniformidad.

Usando un electrólito que contenía 40 g. de hierro por cada litro, en forma de sulfato férrico, y 40 g. de cloruro de amonio, se ha podido efectuar el afino de un modo continuo durante varios meses, con una densidad de corriente de 6 á 10 ampéres por pie cuadrado de superficie de cátodo y una diferencia de potenciales de un voltio.

En el artículo á que nos referimos se hace un cálculo aproximado de todos los gastos que la operación del afino del hierro origina, deduciéndose que el precio del hierro electrolítico puede competir con el del hierro de Suecia, de calidad superior.

Entre las propiedades del hierro electrolítico figura la de contener hidrógeno por oclusión en su masa, y ser, en con-

* Del *Memorial de Artillería*, Madrid, Enero, 1911.

secuencia, bastante frágil. El hidrógeno puede ser de utilidad para reducir los óxidos en la fusión, y la fragilidad que la presta facilita la rotura del hierro en pedazos de dimensiones convenientes para introducirlos en los crisoles.

TELEGRAFÍA HERTZIANA SIN ALAMBRES*

El problema resuelto.—Es verdaderamente prodigioso que la humanidad pueda enviar en un instante sus pensamientos y sus deseos á grandes distancias, sirviéndose del *telégrafo eléctrico*, que utiliza conductores aéreos y cables subterráneos y submarinos; más admirable aún que *sin conductores metálicos* puedan ser enviados los telegramas á distancia por una persona, que trabaja con el manipulador de Morse; pero el prodigio realizado sube de punto, cuando las ondas eléctricas, como caídas del cielo, penetran invisibles en la estación receptora *en ausencia del telegrafista*, desarrollan silenciosas la cinta de papel del registrador Morse y escriben en ella los telegramas.

Fundamentos.—La telegrafía hertziana sin alambres se funda en la producción de ondas eléctricas, en la propagación de estas á través del espacio y en su acción inductriz sobre circuitos, que ofrezcan una pequeña solución de continuidad.

Antecedentes históricos y perfeccionamientos sucesivos.—Auxiliares de este invento son todos los conocimientos de la nueva ciencia, denominada *Electróptica* (pág. 717 y siguientes), y bases principales de ésta y de aquél los meritísimos trabajos de Heinrich Hertz (1887), efectuados con aparatos de su invención, especialmente con el oscilador y con el resonador, acerca de las ondas electromagnéticas y la analogía de éstas con las luminosas y sonoras (pág. 722); los de *Branly* (1890) con su *radioconductor* (pág. 720), tubo de limaduras,

* De la "Física Moderna."

que sustituye ventajosamente al resonador de Hertz en manos de físicos ingleses, suizos, alemanes, italianos y rusos, para revelar la presencia de ondas eléctricas; los de *Popoff* (1895), que, utilizando el tubo de Branly, dispone un aparato, con el cual demuestra prácticamente la posibilidad de transmitir señales en el mar á gran distancia (1500 metros primero, y después 5 kilómetros); posteriormente los de *Marconi* en 1896 entre la isla de *Wight* (*Las agujas*) y *Bournemouth*, á 23 kilómetros. Por último, son notables las experiencias realizadas por M. E. Ducretet, con aparatos fabricados en los talleres de este distinguido ingeniero, á través del populoso París, entre la Torre Eiffel y el Panteón, y proseguidas por el mismo en diferentes puntos y distancias y en condiciones atmosféricas diversas. De sus trabajos ha dado cuenta á la Academia de Ciencias de París y las revistas científicas han publicado reseñas interesantes.

Perfeccionamientos del oscilador y del radioconductor.— Al progreso de esta cuestión han contribuido los sabios de todas las naciones y muy especialmente: *Sarasin* y *de la Rive*, demostrando que se aumenta la duración y energía de los efectos del *oscilador*, si se hace estallar la chispa oscilatoria en un líquido aislador; *Tesla* (1893), uniendo una de las esferas del oscilador con el suelo y la otra con un cuerpo de gran superficie ó con conductores rectilíneos ó de forma de solenoide, pero aislados en el espacio, para sus trabajos de transmisión de la energía á distancia sin alambres; *Oliver Lodge* y *Righi*, creando diversos tipos de osciladores eléctricos y perfeccionándoles; *Popoff*, uniendo con el suelo uno de los electrodos del *radioconductor Branly* y el otro con un alambre aislado y fijo en el extremo de un mástil *vertical*. Tanto estos conductores, como los añadidos por Tesla al oscilador, constituyen verdaderas capacidades eléctricas; pero no tienen ninguna relación con el alambre *de retorno por el suelo*, que se emplea en la telegrafía ordinaria. El conductor aislado y unido al mástil

aéreo se denomina *antena* y funciona, como *radiador* en la estación transmisora y como *colector de ondas* en la *receptora*. Su longitud depende de la distancia entre ambas estaciones.

Las oscilaciones eléctricas y el período oscilatorio.—A cada chispa eficaz provocada en el oscilador de Hertz, corresponde una serie de oscilaciones eléctricas, cuya duración depende de las dimensiones de los conductores, en que tiene lugar y que forman capacidad eléctrica.

El período oscilatorio depende de la capacidad y de la self-inducción del circuito; disminuyendo una y otra, se obtienen períodos muy cortos. Según el *Professor Bose*, de Calcuta, son de 50 mil millones de oscilaciones por segundo los períodos obtenidos con esferas de 6 milímetros de diámetro. Esta rapidez es todavía muy inferior á la de las vibraciones luminosas, cuyo número por segundo es de más de 500 trillones.

Fenómenos de resonancia.—Hertz demostró que el máximo de la acción recíproca entre los conductores primario y secundario (oscilador y resonador) se obtiene, cuando existe cierta relación entre las dimensiones de ambos; hay entonces entre ellos un acuerdo ó *acorde*, análogo á los fenómenos de *resonancia* acústica.

Para la longitud de la antena, que oficia de radiador ó de colector de ondas, hay que buscar un acorde semejante, lo cual puede hacerse, uniendo al transmisor un carrete de inducción, bien aislado, ó un resonador de alta frecuencia del Doctor Oudin, provisto de regulador, como lo ha practicado M. Ducretet, con buenos resultados.

Horizontalidad de las antenas.—La verticalidad de los alambres radiador y colector no es indispensable, según han observado Popoff, Slaby y Tissot, pero sí su aislamiento á cierta distancia del suelo sobre soportes de porcelana; pudiendo disponerse aquellos horizontales y paralelos, donde convenga sustraerlos en lo posible á la influencia de las descargas atmosféricas.

Sensibilidad del radioconductor.—Según Branly, si se hace

comunicar con un alambre fino y se aproxima á éste una placa de ebonita electrizada, y si se produce una pequeña descarga eléctrica, se hace instantáneamente conductor el tubo de limaduras.

Insensibilización del radioconductor.—Popoff la determinó en 1895, encerrándolo en una caja *metálica, herméticamente cerrada*, juntamente con la pila y un relevador, que accionaba un timbre, también dispuesto en el interior de la caja; pues en tal caso no influyen sobre él las ondas eléctricas, ni aún las emitidas por un oscilador inmediato; pero observó también que la menor grieta en el cierre de la caja es suficiente, para que penetren las ondas eléctricas y hagan sonar el timbre.

Relevador y mazo automático.—Si en el circuito de la pila y del radioconductor, fig. 12, se intercala un relevador sensible *Re*, que mande la corriente de otra pila al electroimán *E* de un timbre eléctrico, cuyo mazito *F* caiga sobre el tubo de limaduras *Br*, en vez de golpear sobre un casquete metálico, cada onda, que recibe, determina también el choque sobre el tubo, devolviéndole su resistencia inicial. O. Lodge primero y Popoff después lo han perfeccionado.

Receptor registrador.—Pero además el relevador *Re*, que envía la corriente local al electroimán del mazito *F*, la manda por una derivación á un receptor ó registrador Morse, pudiendo recibirse las señales *al oído* en el timbre, ó registrarse en una cinta de papel. (Véase la fig. 12.)

Resumen del sistema telegráfico hertziano sin alambres.—Tras estos antecedentes es fácil su comprensión: Un oscilador de chispas, que oficia de transmisor, emite ondas eléctricas que, salvando la distancia, llegan al tubo Branly del aparato receptor; el tubo Branly, hecho conductor, manda la corriente al revelador telegráfico, y éste cierra el circuito local, en que está intercalado el electroimán, que acciona el mazito eléctrico, para devolver inmediatamente al tubo de limaduras su resistencia inicial é interrumpir la corriente. Una segunda onda influye, como la primera, sobre el radioconductor Branly y se repiten

los mismos hechos. Ahora bien, al mismo tiempo que el mazito golpea sobre el radioconductor, por efecto de la corriente local, ésta excita también por una derivación el electroimán de un receptor registrador. Las señales trasmitidas ya recibidas por ondas eléctricas son las del telégrafo Morse.

Connexiones de los aparatos de la estación transmisora, E. D.* La corriente de una pila P' (véase el esquema figura 11), entra en el motor M del interruptor de mercurio Hg

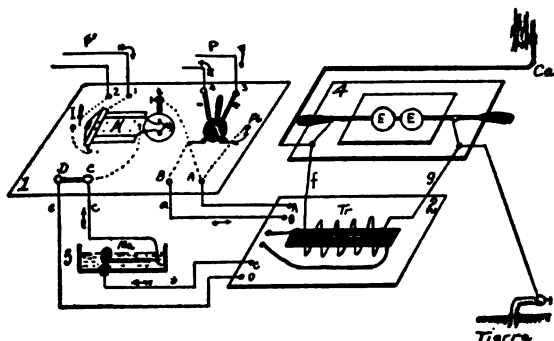


Fig. 11.

por el borne 1 y sale por el 2, cuando está cerrado el interruptor simple I. La corriente de otra pila P entra por el borne 3 en el conmutador Bertin, pasa por la lengüeta central al borne B y por el alambre *a* al inductor del carrete de Ruhmkorff, de éste por el alambre *b* al manipulador *Ma*, de líquido, volviendo por el alambre *c* al borne C de la peana núm. 1, en que está el interruptor de mercurio Hg; después de atravesar este último según la línea de puntos, se dirige desde *t* al borne A, de aquí al borne Pb, del plomo fusible, para salir por la lira del conmutador y el borne 4. Los dos bornes extremos A y D del carrete, unidos por alambres á los A y D de la peana carrete núm. 2 con el conmutador Bertin y con el interruptor núm. 1, enlazan el condensador oculto debajo de la peana del

* E. Ducretet, of Paris, by whom the apparatus about to be described is made.

carrete núm. 2 con el conmutador Bertin y con el interruptor de mercurio. El papel de los alambres *d* y *e*, uniendo una serie de hojas de estaño del condensador con el interruptor y la otra con el conmutador, es disminuir la duración de la extracorrente del alambre inductor y, por consiguiente, hacer más bruscas las interrupciones de la corriente inductora.

Manipulación.—Mediante el interruptor simple I se cierra el circuito P' del motor M; seguidamente y con auxilio del conmutador de lira se cierra la corriente P, poniendo en relación el borne 3 con el borne B de la misma peana. Actúase sobre el manipulador de líquido *Ma*, estableciendo una serie de contactos, breves ó largos, y entonces saltan entre las esferas del oscilador una serie de chispas correspondientes á las descargas oscilantes. Las ondas eléctricas son transmitidas á distancia á través del espacio hasta la estación receptora.

Estación receptora E. D.—Comprende, (fig. 12), 1.º *la antena*; 2.º *un circuito*, constituido por el radioconductor *Br*, una pila P y un relevador *Re*; 3.º *un segundo circuito* que, partiendo del tercer borne del relevador, termina en el cuarto borne del mismo y comprende: una segunda pila P', denominada *local*, la armadura del electroimán E, unida al mazito automático F del radioconductor, y el circuito de éste electroimán y 4.º *una derivación*, tomada en los bornes C y B de este electroimán, la cual abarca el registrador Morse M y un timbre eléctrico S.

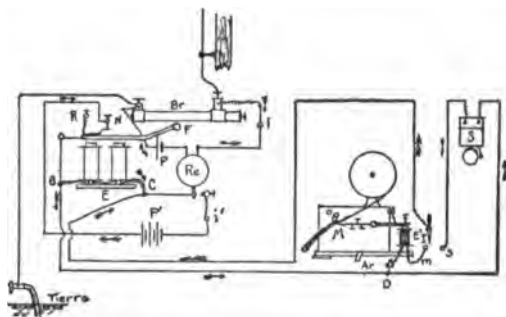


Fig. 12.

La antena, que es una varilla vertical y elevada, unida á un mástil, para recibir las ondas eléctricas, comunica por un

cable con un borne del receptor L de la fig. 881* y por éste con un electrodo del radio-conductor. El otro electrodo de éste comunica, por otro cable enlazado al borne T del receptor, con una placa metálica introducida en tierra.

Esquema de la estación receptora de E. Ducretet.—El cable aéreo, unido á la antena y guiado por el mástil, funciona como colector de ondas eléctricas. Cada onda, que llega al radio-conductor *Br*, hace coherentes sus limaduras y deja cerrado el circuito de la pila P, según el camino trazado por las flechas, ficha móvil, corta-circuito *i*, relevador telegráfico *Re* y segundo borne del radioconductor. El relevador, atravesado por la corriente de la pila P, establece el contacto con el tornillo V y cierra el circuito de la pila local P'. Siguiendo las flechas, la corriente de esta pila pasa al borne N, sigue por la armadura del electroimán E, portadora del mazito F, entra por B en este electroimán y vuelve por C al tornillo V y por el corta-circuito *i* á la pila P'. Una derivación desde el punto B lleva la corriente al timbre de llamada S; desde éste por el interruptor I, en contacto con el punto *s*, vuelve al borne C y por V é *i* á la pila P'. Otra derivación desde el punto D, intercala el electroimán E' del registrador automático Morse M, y la corriente, después de atravesarlo, sale por el interruptor I, en contacto con el punto *m*, para volver á la pila local. El telegrafista puede disponer el interruptor en el punto *s*, para que el timbre acuse las ondas, ó con el punto *m*, para que el aparato Morse las registre.

Sistema de telegrafía electróptica del Professor Zickler, de Brunn (Moravia).—Se funda en la propiedad, que tienen los rayos ultravioletas, de provocar descargas eléctricas en los cuerpos electrizados. Su *transmisor* es un proyector de luz eléctrica, provisto de lente de cuarzo, que *es permeable á los rayos ultravioletas*, y de un obturador pneumático, de *vidrio ordinario*, para *interceptar* á intervalos los rayos ultravioletas. En la *estación receptora*, además de los aparatos, que consti-

* Not reproduced.

tuyen el receptor del sistema Marconi, hay un oscilador especial, cuyas chispas, provocadas por los rayos ultravioletas del proyector, han de excitar el radioconductor Branly. Este excitador consiste en dos electrodos, de forma esférica el uno y discoidal el otro, separados entre sí á corta distancia y unidos á los polos del circuito secundario de un carrete de Ruhmkorff, accionado por una pila, que se regula con un reóstato. Las señales transmitidas *por intervalos*, cortos ó largos, son las del Morse y pueden registrarse como en la telegrafía hertziana, ya reseñada. Este sistema, que hace más secretos los telegramas, ha sido ensayado con éxito por su autor hasta la distancia de 1'5 kilómetros. El transmisor puede fácilmente adaptarse á los proyectores ordinarios.

V

UTILIZACIÓN DEL AGUA COMO FUERZA MOTRIZ*

LO QUE TODO INGENIERO DEBE SABER ACERCA DE ELLA.

Ya sabemos que las condensaciones de agua, producidas en puntos cualesquiera de la superficie terrestre, tienden á alcanzar el nivel del mar siguiendo el camino más corto. Según su punto de partida y la naturaleza de los terrenos que atraviesan, las aguas descienden en pendientes muy bruscas, dando origen á cascadas y corrientes, ó por el contrario, se deslizan más tranquilamente á lo largo de perfiles menos accidentados.

En ambos casos gastan la energía que su descenso ocasiona en choques contra las rocas despositadas en el lecho de los torrentes ó en los fondos y orillas de los ríos, si bien es pequeña su elevación de temperatura, debido á su volumen y capacidad caloríficas.

Un salto de agua es un rápido desnivel en el camino que las aguas siguen. Puede encontrarse creado naturalmente, como sucede en una cascada, cuyo aprovechamiento es evidentemente muy sencillo, pues se reduce á reunir por una canalización directa dos puntos convenientes del curso de las aguas, disponiendo las máquinas que deben recoger su energía en el extremo más bajo.

Otras veces, y este es el caso más general, el aprovechamiento de un salto de agua es más costoso y consiste en derivar las aguas de un río mediante un canal, tan horizontal como sea posible, que las lleva hasta un lugar conveniente en que pasan,

* Del *Polytechnicum*, Madrid, Enero, 1913.

ó bien á una tubería á presión, ó á una cámara de carga, para desde allí dirigirse á las turbinas antes de ser restituídas á su primitivo origen.

Naturaleza de las aguas utilizables.—El conocimiento del régimen de todo río es la base de su utilización industrial.

Los ríos que provienen de las fusión de hielos y nieve tienen un régimen periódico bien establecido, es decir, que las alteraciones en su caudal se repiten anualmente en las mismas épocas, facilitando con ello la explotación regular de las fábricas que los utilizan.

Su estiaje se produce durante los meses de invierno; en primavera la fusión de las nieves temporales, propia de las regiones bajas, ocasiona violentas crecidas, que persisten durante los primeros días del verano, para luego descender y presentar una gran constancia durante unos seis ú ocho meses en que la fusión regular de las nieves de las regiones elevadas y de los heleros alimenta su cauce.

Los ríos que nacen á altitudes medias, y que por tanto provienen de las aguas de lluvia y de la fusión de las nieves temporales, tienen un régimen mucho más irregular por hallarse sometidos á las fluctuaciones de los años lluviosos ó secos. El aprovechamiento industrial de estos cursos de agua debe ir siempre precedido de un minucioso estudio que nos dé á conocer la ley de variación y la cifra media probable del gasto.

Finalmente ciertos ríos, motivados por la reunión de las aguas pluviales y glaciales, participan á la vez de los caracteres de los dos anteriores. Presentan varias crecidas anuales, unas en primavera, motivadas por la fusión de las nieves, otras en otoño, debidas á las lluvias persistentes.

Conviene también advertir que los ríos procedentes de la fusión de nieves y heleros presentan frecuentemente variaciones diurnas en su caudal, pues aquella es mucho menos sensible en las horas de baja temperatura. Estas variaciones, muy características en ciertas épocas, pueden hasta motivar una alteración en el gasto de uno á dos durante el curso del día.

M. Tavernier denomina *gasto característico medio* de un río un valor tal que durante seis meses del año su caudal es menor que él, para volver á ser mayor durante el resto.

Este valor del gasto medio, variable entre 15 y 30 litros por kilómetro cuadrado de vertiente, en el caso de un río alpino se iguala á dos, tres, seis, y hasta con frecuencia más veces el del estiaje.

Por lo tanto, el valor de un salto de agua depende, no sólo de la potencia media correspondiente al gasto medio, sino también de la regularidad de su caudal que motiva la mayor ó menor importancia de la central de reserva destinada á asegurar la constancia en el valor total de la instalación.

El empleo de la fuerza motriz del agua, aunque conocido mucho antes que el del vapor, no había adquirido gran desarrollo hasta hace relativamente pocos años.

Modernamente la ciencia de la hulla blanca descansa sobre sólida base; los ríos son aforados y catalogados metódica y minuciosamente; las construcciones hidráulicas han alcanzado un perfeccionamiento extraordinario; compuertas, tubos, válvulas, turbinas y reguladores han llegado á su más esmerada construcción.

El motor hidráulico es el mejor de que disponemos para utilizar la fuerza de la Naturaleza; su rendimiento se eleva hasta el 85 por 100, mientras que la más perfecta máquina de vapor no restituye ni siquiera el 11 por 100 de la energía contenida en esa hulla negra llamada á agotarse en breve plazo.

Aprovechamiento de un salto de agua.—Estudiemos el mecanismo de la utilización de la hulla blanca, colocándonos en el caso más general, es decir, en el aprovechamiento de saltos de alturas media y elevada.

Toda instalación hidráulica puede describirse esquemáticamente del siguiente modo: una derivación de agua, un canal que conduce ésta hasta la cámara de carga, la tubería á

presión terminada en un recipiente colector, las turbinas y el canal de escape.

La derivación del agua se hace por medio de una presa, que al crear un obstáculo en el curso primitivo del agua, la dirige, en todo ó en parte, hacia un recipiente de donde pasa por medio de un canal á la cámara de carga (figura 13).

Si se trata de saltos de altura media ó elevada, la presa A B se establece directamente á través del lecho del río, de modo tal que el agua sobrante se vierta por encima de su coronación.

Una disposición bastante general es la que indica el croquis figura 13. El agua derivada, después de franquear el muro

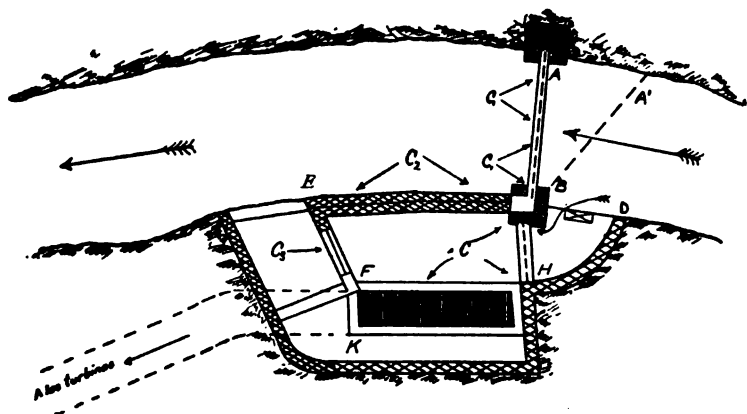


Fig. 13.

BD, pasa al canal K, si las compuertas C se hallan convenientemente dispuestas. Una vez en éste, el agua utilizada se vierte por encima del muro FH sobre las rejillas inclinadas G destinadas á retener toda clase de impurezas flotantes, tales como hojas, ramas, trozos de hielo, etc.... El exceso traspone el muro BE que forma vertedero.

Una compuerta C_2 permite expulsar los depósitos de arena ó piedras acumuladas en el fondo de K. C_1 son otras compuertas de descarga establecidas en la base de la presa y C_2 unas análogas colocadas á lo largo del vertedero.

En ciertos torrentes suele ocurrir que la parte aguas arriba de la presa se llena de depósitos formados por las piedras y arena que el agua arrastra, y aun cuando acontece casi siempre que siguen la dirección principal, no deja tampoco de presentarse algún caso en que trasponiendo el muro B H pasen á sedimentarse en K. Es preciso entonces expulsarlos, no habiendo otro medio que el recurrir á la maniobra de la compuerta C₂; pero sin embargo, durante el tiempo que transcurre en estas maniobras la marcha de la fábrica se resiente de no ser muy grande la capacidad del canal de derivación y de la cámara de carga. Para evitar estos inconvenientes y abreviar en lo posible la maniobra de la compuerta de purga C₂ se emplean, ó bien pequeñas turbinas, ó mejor aún motores eléctricos.

Durante el estiaje el vigilante de la toma de aguas se ingenia para dirigir hacia H toda el agua del río, y para ello levanta pequeñas presas de piedra tales como B A'. El total del agua pasa á través de B D, lo que no es inconveniente, pues en esta época no hay que temer de los arrastres de piedras y arena.

Desde luego, es evidente que B E es más alto que F H y que, por lo tanto, nada pasa por el vertedero. Así mismo conviene también calafatear cuidadosamente las fisuras de todas las compuertas.

Las disposiciones de las obras ó trabajos de derivación varían mucho en los detalles, pero la experiencia ha sancionado ciertos tipos propios de determinadas clases de saltos que se adaptan á todos los casos con el mínimum de trastornos y el máximo rendimiento.

Canal de derivación.—El canal de derivación del agua conduce ésta desde el río hasta la cámara de carga. Siempre que sin grandes gastos pueda hacerse empezando por una gran cámara de decantación, es práctica recomendable, si bien teniendo en cuenta que para que en ella sea eficaz la sedimen-

tación de cualquier cuerpo pesado, la velocidad del agua no debe exceder de 0,40 m. por segundo.

La longitud del canal de derivación es muy variable, pues mientras algunas veces no excede de varias decenas de metros, otras por el contrario, alcanza dimensiones de varios kilómetros.

El canal de derivación puede ir al descubierto en determinados sitios, mientras que en otros muy accidentados, es preciso recurrir á la apertura de túneles que permitan salvarlos sin gran pérdida de carga. También con este último objeto debe atenderse con mucho esmero á la constitución de sus paredes. Si el canal de derivación es de gran longitud, suele ser conveniente disponer en un cierto punto de su recorrido un vertedero (ó varios si fuera preciso) con objeto de evacuar el exceso de agua correspondiente á las variaciones de potencia de la fábrica. Este vertedero debe estar calculado de modo tal que su contenido iguale al gasto máximo de la central hidráulica, pues pudiera suceder que por cualquier circunstancia éste se redujera bruscamente á cero.

Cuando es grande la longitud del canal, por ejemplo, si excede de dos kilómetros, él en sí constituye ya un importante depósito de reserva, no habiendo entonces inconveniente en suspender la derivación en la presa, á veces hasta durante diez minutos, pues no es probable se resienta la marcha de la central.

El canal de derivación termina en una cámara de carga de donde parten los tubos á presión que llevan el agua á las turbinas. Una compuerta permite obturar éstos cuando las necesidades lo requieran. Esta cámara de carga, al descubierto siempre que la topografía del terreno impida que forme vertedero, debe tener una altura mayor que la correspondiente al nivel normal, con objeto de que en ella el agua pueda elevarse bastante y equilibrar el golpe de ariete ocasionado por cualquier brusca parada en el movimiento del agua, que tendrá

lugar cuando las necesidades de la central exijan dicha maniobra.

Tubería á presión.—La tubería á presión es el órgano más costoso de toda instalación hidráulica, por lo que se procura siempre llevar el canal de derivación hasta un punto tal que su distancia á la fábrica sea mínima.

¿Cuál debe ser el diámetro de la tubería á presión?

Si fuese grande, la pérdida de carga sería menor, pues guarda inversa proporcionalidad con el diámetro, pero su costo alcanzaría un valor más elevado á consecuencia del mayor espesor del tubo, impuesto por su gran sección. En cambio, una tubería de pequeñas dimensiones, si bien sería económica, acusaría mayores pérdidas de carga.

De aquí la necesidad de aceptar el diámetro más conveniente desde ambos puntos de vista, lo que nos lleva á elegir, no un conducto aislado, sino dos ó tres según la altura del salto, ó uno sólo de sección decreciente, ó por último, una tubería única que á partir de un determinado punto se subdivida en varias de menores dimensiones.

La velocidad del agua en estos conductos varía generalmente entre dos y tres metros por segundo, admitiéndose como valor medio de la pérdida de carga 5-8 por 100.

Las tuberías á presión se hacen hoy día de palastros soldados, sin roblones, lo que les comunica mayor resistencia que la que poseían antiguamente en que se recurría al roblonado como único medio para asegurar la unión entre las distintas piezas que las constituyen.

Con objeto de proceder á su inspección y reparaciones eventuales, dichas tuberías deben poseer, convenientemente espaciadas, aberturas de gran sección que permitan el acceso á su interior de vigilantes y operarios.

Además, para evitar los peligros de aplastamiento del conducto, que pudiera ocasionar la presión atmosférica en el momento en que el cierre de la compuerta superior produjese el vacío en el interior de la tubería, existen uno ó varios as-

piradores de sección conveniente para asegurar una rápida entrada de aire que equilibre las presiones.

Las tuberías á presión se encuentran generalmente al aire libre y apoyadas de trecho en trecho sobre macizos de fábrica. Con objeto de hacer menos sensible los efectos de las variaciones de temperatura se procura pintarlas de blanco, así como recubrirlas de plantaciones de arbustos para sustraerlas á la acción de los rayos solares, perjudiciales en estío, y más principalmente si por una causa cualquiera la tubería se hallase vacía.

En la actualidad se tiende á prescindir de las *juntas de dilatación*, concediendo preferencia á realizar su fijación únicamente en los puntos en que presente ángulos entrantes, pudiendo dilatarse libremente con relación á dichos puntos.

En aquellos parajes montañosos en que fueran de temer desprendimientos de grandes bloques que amenazasen deteriorar la tubería, es conveniente protegerla enterrándola á determinada profundidad, lo que reúne además la ventaja de conservarla al abrigo del hielo y de los agentes atmosféricos.

La tubería que nos ocupa descende en dirección casi perpendicular al *colector*, tubo paralelo á longitud del edificio de la Central, generalmente al exterior, y del cual se derivan las tuberías de acceso á las turbinas. En casos especiales esta disposición no existe, haciendo de colector la extremidad de la tubería.

Si por una causa cualquiera, como la rotura de un conducto, sobreviniese un rápido incremento del gasto hasta alcanzar valores anormales, conviene adoptar disposiciones especiales que eviten las peligrosas consecuencias que pudieran originarse. Una de las más ingeniosas y modernas es la ideada por Mr. Bouchayer, que permite interrumpir automáticamente, en el momento preciso, toda comunicación entre las turbinas y la cámara de carga.

La figura 14 indica el principio de su funcionamiento. La tubería principal en su extremo superior adopta la forma de

un sifón, cuyo vértice se encuentra á nivel superior al HH del agua en la cámara de carga; un tubo piezométrico *eg*, colocado en la rama descendente, comunica con él por el tubo *rg* de admisión de aire.

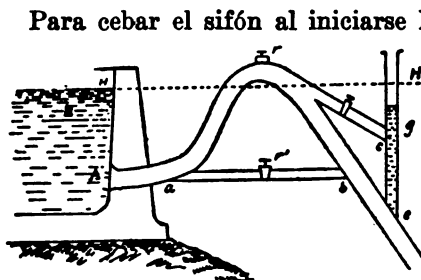


Fig. 14.

Para cebar el sifón al iniciarse la marcha se abre la llave *r'* y el agua, circulando por el tubo *ab*, hace subir el nivel en las ramas del sifón hasta HH; si en este momento, después de practicado el cierre de *r* y *r'*, se procediera á abrir la extremidad inferior de

la tubería principal, el sifón quedaría cebado y la instalación en marcha.

Claro es que el gasto y, por lo tanto, la velocidad del agua en la tubería, determinarán el descenso de su nivel en el tubo piezométrico *eg*, y si aquél alcanzase un valor exagerado, el nivel en el aspirador, á causa de la fuerte pérdida de carga en el sifón, descendería tanto, que permitiendo el acceso del aire, lo desencebaría, interrumpiéndose, por lo tanto, inmediatamente la marcha. Vemos, pues, que su papel es idéntico al que desempeña un interruptor de máxima en un circuito eléctrico.

Cuando después de un período de parada es preciso volver á llenar la tubería á presión, debe realizarse esta operación muy lentamente, pues de lo contrario, el agua al llegar al fondo chocaría violentamente, ocasionando vibraciones peligrosas.

Cada vez que á consecuencia de una mayor ó menor disminución en el gasto cambia el régimen de modo brusco, se origina un golpe de ariete en la tubería á presión, que en determinados casos pudiera comprometer gravemente su estabilidad, pues la enorme masa de agua en movimiento, al chocar

con ímpetu contra el recinto que la contiene, ocasionaría una sobrepresión cuyo valor es una función bastante compleja de diferentes factores.

Si para evitar este inconveniente se colocase una válvula de protección en la parte inferior de la tubería, sus efectos serían casi peores que los del mal que se trata de remediar; en efecto, después de abierta, al cerrarse bruscamente, crea una sobrepresión aún más considerable que aquella que la hizo funcionar, y además, no protege por igual todos los puntos á que pudieran llegar los efectos de aquella sobrepresión.

Cuando se trata de saltos de agua de escasa altura, inferior á 30 ó 40 metros, se evitan los golpes de ariete terminando la tubería en sus proximidades á la central por una torre de agua de gran sección, que se eleva hasta el nivel superior y que limita y amortigua después de algunas oscilaciones los golpes de ariete.

Ejemplos: Central de Champ-sur-Drac, Fier, Entraygues.

El medio más útil de atenuar los efectos de los golpes de ariete en aquellos casos más desfavorables en que deba ser detenido bruscamente el movimiento en toda la central, consiste en realizar un cierre suficientemente lento de las tuberías de distribución de las turbinas. Suele también preconizarse el empleo de descargadores de compensación para limitar las variaciones en el gasto.

Por lo demás, aun en aquellos casos en que se haga necesario el cierre simultáneo de los distributores de todas las turbinas, como por ejemplo, cuando un accidente de la parte eléctrica así lo exigiese, no importa invertir en dicha maniobra 10, 15 y hasta 20 segundos, pues en dicho período la aceleración de las turbinas nunca llega á ser peligrosa; con el mismo objeto pueden arreglarse los reguladores y entonces la sobrepresión correspondiente rara vez excede del 50 por 100, no habiendo en ello peligro alguno, pues los palastros de las turbinas siempre se calculan con un coeficiente de seguridad igual á 4 ó 5 por lo menos,

Hay todavía que considerar otra causa de sobrepresión, aunque de efectos menos perjudiciales, que es la siguiente: en el período de las primeras aguas, cuando éstas van muy cargadas de arena, su densidad aumenta hasta el punto de que la presión manométrica excede de la normal en un 10 y hasta en un 15 por 100; hemos tenido ocasión de observar algunos de estos casos en que tales condiciones persistían durante más de cuatro horas. Huelga decir que en dichas ocasiones se hace preciso cerrar los distributores, y en consecuencia, la velocidad del agua aumenta en los orificios pequeños, precisamente en el momento en que se halla más cargada de arena, ocasionándose un desgaste excesivamente rápido de los distributores y de las ruedas de las turbinas.

Canal de escape.—El agua, después de haber cedido su energía á la rueda de la turbina, se escapa por bajo de ésta con una velocidad tan pequeña como sea posible al canal de fuga, el cual la conduce al río de donde se había derivado. La diferencia de nivel entre la turbina y el depósito inferior debe ser, como es lógico, lo más reducida posible.

Este canal, que por análogas razones debe presentar el **mínimum** de recorrido, no ofrece nada más digno de mención.

VI

VAPOR *

GENERADORES DE VAPOR.

Clasificación.—Pueden ser: 1.º de hogar exterior; 2.º de hogar interior; 3.º de tubos de humo, y 4.º de tubos de agua.

En este capítulo se da una idea general de todos y muy especial de los tubos de agua, de los Sres. Babcock & Wilcox, establecidos en las fábricas inglesa y alemana de electricidad de Málaga.

Generador ordinario.—*Órganos é instrumentos auxiliares.* La caldera de la máquina de vapor fija, consta de un *gran cilindro horizontal*, que termina en dos hemisferios y comunica inferiormente con otros dos de menor diámetro, denominados *hervideros*, uno de los cuales se ve en H (Fig 15). El conjunto se instala sobre un horno de ladrillo, de tal modo que los hervideros sean completamente envueltos por la llama y quede la caldera absolutamente libre del fuego directo.

Agua de alimentación. Llega por el tubo A, que termina en los hervideros H y no al nivel de la caldera á fin de evitar la condensación de vapor, que ocasionaría el contacto del agua fría.

Nivel del agua en la caldera. Lo indica un tubo comunicante exterior ó un flotador F, que puede actuar sobre un silbato.

Toma de vapor. Va éste á la máquina por el conducto C.

Válvula de seguridad. Se ve en S, cargada con un peso á lo largo de la palanca S, y da salida al vapor, abriéndose,

* De la "Física Moderna."

cuando la presión de éste es demasiado grande. También lleva planchas *fusibles*. Además se ve un *silbato de alarma* en D, que puede funcionar á voluntad del maquinista, abriendo la llave de entrada al vapor.

Por último, hay en T un *agujero de hombre*, dispuesto para la limpieza de la caldera.

Los gases del hogar pasan por bajo de los hervideros y, llegados al extremo de éstos, vuelven á lo largo de las paredes inferiores de la caldera, para dirigirse á la chimenea.

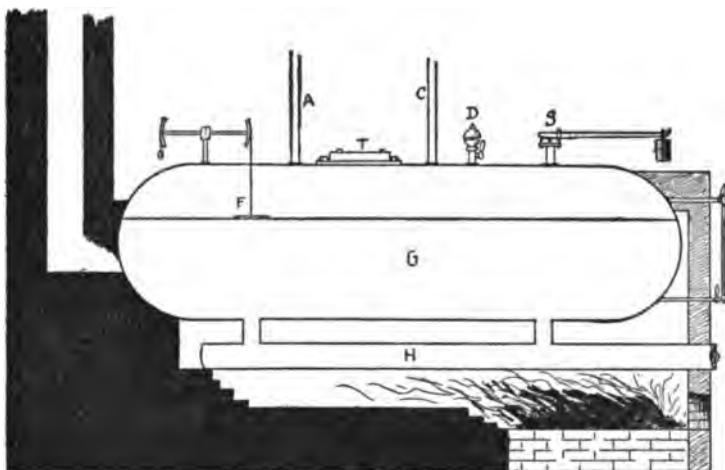


Fig. 15.

Este tipo de calderas no ofrece una superficie de caldeo, suficiente para los casos, en que se necesita de pronto mucho vapor, como sucede en las locomotoras, en las máquinas de los buques y en las fábricas de luz eléctrica. Á esta necesidad responden las calderas de tubos de humo y de tubos de agua.

Calderas de hogar interior.—Están atravesadas en su centro por un tubo abierto en sus dos extremos, que hace de hogar, y dispuesto de modo que queda envuelto por la caldera.

Calderas tubulares.—Tienen la forma de un cilindro, que contiene en su interior muchos tubos, abiertos por un extremo en el hogar y por el otro en la chimenea. Los gases del hogar atraviesan estos *tubos de humo*, que están enteramente sumergidos en el agua de la caldera, á la que transmiten el calor de combustión. Producen economía de sitio y de combustible, por ser muy grande la superficie de calefacción. El número de tubos varía de 100 á 300 en los diferentes tipos de locomotoras, y la superficie de caldeo de 100 á 200 metros cuadrados.

Las calderas de las máquinas marinas son de hogar interior y tubulares, de modo que los gases de la combustión pasan primero á lo largo de la caldera por un tubo central único y vuelven atrás por muchos tubos hasta la entrada de la chimenea, que está sobre el hogar.

Circulación del agua en las calderas de vapor.—Al tratar de la conductibilidad térmica, se hace mérito de la *convección del calor* y de las corrientes ascendentes y descendentes, que se originan en una masa líquida, antes de entrar en ebullición.

Cuando toda el agua ha sido calentada hasta el punto de ebullición, correspondiente á la presión á que está sometida, cada nueva caloría transforma en vapor cierto peso de agua, acrecentando notablemente su volumen. Entonces la mezcla de agua y vapor asciende con rapidez y determina la ebullición, con ascenso tumultuoso del agua á lo largo de las paredes y caída hacia el centro. Si el fuego se aviva, las corrientes ascendentes chocan con las descendentes y se produce el desbordamiento.

Tubo de Perkins.—Si dentro de un vaso con agua colocamos otro más pequeño, con un agujero en el fondo y sostenido á una distancia conveniente de los lados del primero, de modo que haya separación entre las corrientes ascendentes y las descendentes, no se producirán en el agua saltos tumultuosos, aunque forcemos el fuego cuanto se quiera.

Este tubo interior, cuya primera idea debida á Perkins data

de 1831, ha sido la base de muchos sistemas, utilizados para realizar la circulación del agua en las calderas, separando las corrientes, de modo que no haya entre ellas choque alguno.

Ventajas de la circulación del agua en las calderas. *a.*— De ella dependen el *rendimiento*, la *duración* y la *seguridad* de estos aparatos. Efectivamente, facilitando la circulación del agua, es posible activar mucho el fuego y producir mucho vapor con mucha mayor rapidez, y esto mismo ocurre con la caldera de vapor. Suprimido el tubo interior, el vapor producido arrastra mucha agua en forma de espuma, que se desborda por el vaso; por el contrario, separadas por aquel tubo las corrientes, cesa todo tumulto, la circulación es libre y fácil y el vapor en mayor cantidad es relativamente seco.

b. Depósito de materias incrustantes. Á esto se agrega, que una buena circulación impide más ó menos completamente el depósito de materias incrustantes. Estos sedimentos, procedentes de las sustancias disueltas en el agua, pueden llegar á impedir casi enteramente la transmisión del calor del metal al agua. Se ha estimado que una incrustación de tres milímetros disminuye en 25 por 100 el rendimiento de una superficie de caldeo; este cálculo es inferior en muchos casos á la realidad.

c. Duración y seguridad. Una buena circulación del agua asegura el que todas las partes de la caldera estén á la misma temperatura, y esto es una ventaja para la duración de la caldera, pues no habrá exceso de tensiones desiguales por dilatación y contracción. Á la duración es evidente que va unida la seguridad, la cual resulta de no ocurrir exceso de tensión por dilataciones desiguales, causa principal de las explosiones.

Medios de producir la circulación del agua en las condiciones más ventajosas.—Hay que separar las corrientes, de modo que no puedan oponerse entre sí. “Si pudiésemos mirar el interior de una caldera multitubular ordinaria, cuando está produciendo vapor, veríamos un combate curioso de corrientes, que cambian continuamente de sentido.” Las ascendentes se encontrarán en los dos extremos, la una sobre el hogar y la

otra á la extremidad de los tubos, en una longitud de 300 m. m. próximamente. Entre estas dos tiene lugar la lucha de las corrientes descendentes contra las ascendentes de vapor y de agua. Si la presión se reduce ligeramente, á causa de una toma brusca de vapor ó de una abertura súbita de la válvula de seguridad, el agua, arrastrada por el desprendimiento instantáneo del vapor en toda la masa, salta en chorros por todos los puntos de la superficie del líquido.”

a. Si en una probeta, verticalmente dispuesta sobre una lamparita de alcohol, se hace hervir el agua, se produce un salto violento del líquido y á veces la rotura de la vasija.

b. Pero, si aplicamos la llama á uno de los brazos de un tubo en U, colocado en la parte inferior de un vaso lleno de agua, se establecerá enseguida una circulación fácil y regular, no interrumpida por saltos bruscos. La circulación del agua en este tubo en U es el verdadero principio de la circulación, que se establece en una caldera de tubos de agua, bien construída.

c. Se obtiene una superficie mayor de caldeo, dando al brazo que se ha de calentar, la forma de largo tubo inclinado. Tal es el generador de tubos inclinados, bien conocido actualmente. Añadiendo otros tubos semejantes, se aumenta cuanto se quiere la superficie de caldeo, conservando siempre la forma y el modo de funcionar del tubo en U.

d. La circulación en estas condiciones es función de la diferente densidad de las dos columnas. Su velocidad puede determinarse por la fórmula de Torricelli $V = \sqrt{2gH} = 4'43 \sqrt{H}$, en la que H es la altura de la columna medida desde el nivel del agua al centro del tubo sobre el hogar. La velocidad crecerá, hasta que la columna ascendente no contenga más que vapor, pero el peso del fluido en circulación alcanzará el máximo, cuando la densidad de la mezcla de vapor y agua en la columna ascendente sea la mitad de la densidad del agua en la columna descendente. Así ocurre próximamente, cuando hay mitad vapor y mitad agua en la columna ascendente,

siendo despreciable el peso del vapor en presencia del peso del agua.

Con esta regla es fácil determinar la circulación en toda caldera, construída con arreglo á este principio, á condición de que la construcción sea tal, que deje libre el movimiento del agua.

e. En una caldera de este tipo, el colector, que se adopte como columna ascendente, común á una serie de muchos tubos, no debe ser demasiado ancho, porque en este caso se produciría una corriente descendente, que anularía por completo la acción de la columna ascendente en la circulación del agua.

f. Tampoco puede haber una circulación regular en un tubo cerrado por un extremo y fijado horizontalmente por el otro á la pared de una caldera. Si el caldeo es moderado, aún puede el agua compensar la acción del vapor que se produce y mojar las paredes: pero, por poco que se aumente la viveza del fuego, se producirán sobresaltos, tanto más violentos cuanto más tubos haya en la disposición indicada.

Breve historia de las calderas de tubos de agua.—La primera caldera de tubos de agua fué construída por William Blakey en 1766. El primer éxito lo obtuvo James Rumsay, que en 1788 obtuvo patente de invención en Inglaterra para varias clases de calderas, una de ellas tubular vertical, tal como se construye actualmente.

Stevens en 1805 y Wolf por el mismo tiempo construyeron calderas de tubos que comunicaban por sus extremos con un depósito.

La idea de disponer *series de tubos* de agua horizontales, unidos por sus extremos á tubos laterales, colocados verticalmente, que á su vez comunicaban con otros horizontales relacionados con el depósito de vapor, se debe á Julius Griffit en 1821.

En 1825 Joseph Eve construye la primera caldera de tubos de agua seccional, *con circulación de agua bien definida*.

En 1856 Stephen Wilcox fué el primero que usó tubos de

agua *inclinados*, que enlazaban entre sí dos cámaras de agua, una en la parte anterior y otra en la posterior, y que tenían en su parte superior un depósito de vapor.

En 1865 Twibill dispuso tubos *inclinados y por secciones*, de hierro *forjado*, reunidos delante y detrás con columnas verticales, las cuáles conducían el vapor á un depósito, transversalmente dispuesto encima; de modo que el agua arrastrada por el vapor, volvía á descender por la parte de atrás, estableciendo la circulación regular.

La caldera multitubular de Babcock y Wilcox tuvo su punto de partida en la de Stephen Wilcox, y obtuvo patente en 1867, siendo la primera que reunió la construcción por secciones y una circulación grande y libre, que pone toda la masa en movimiento continuo y regular: está reputada en todas partes, como la mejor en cuanto á seguridad, economía y duración.

TIPOS DE LAS CALDERAS BABCOCK Y WILCOX.

Antes de llegar al sistema actual perfeccionado, cuyo mérito ensalzan los clientes, la Compañía Babcock y Wilcox, ha ensayado más de veinte tipos de calderas, introduciendo en ellas sucesivamente todas las mejoras que aconsejaba la experiencia. Las condiciones, que ésta indica para las calderas multitubulares, son las siguientes:

“1.^a Colectores de forma sinuosa é independiente para cada serie vertical de tubos. 2.^a Comunicación especial é independiente con el depósito, tanto en la parte anterior, como en la posterior de cada elemento ó serie vertical de tubos. 3.^a Todas las uniones entre las diferentes partes de la caldera, sin roscas, ni tornillos. 4.^a Desechar toda superficie, que necesite el empleo de tirantes. 5.^a Suspensión de la caldera independientemente de la obra de fábrica, á fin de que la dilatación y contracción se efectúe libremente. 6.^a Los depósitos de agua y vapor no deben tener menos de 0,^m75 de diámetro, excepción hecha de las calderas muy pequeñas. 7.^a Todas las partes deben ser completamente accesibles para la limpieza y las repara-

ciones." Con arreglo á estas condiciones se construyeron los tipos números 20, 21 y 22.

El tipo núm. 20 es muy análogo al 15. En éste cada hilera vertical de tubos estaba mandrinada á cada extremo en una caja única continua, construída de hierro fundido. Estas cajas tenían forma sinuosa, á fin de que los tubos quedaran dispuestos en forma de zig-zag, cuya forma no ha sufrido modificación posterior. El depósito estaba sostenido por viguetas, que descansaban sobre mampostería. Se suprimieron las uniones á tornillo, reemplazándolas por tubos cortos, mandrinados en agujeros torneados. En el tipo núm. 20 la caldera estaba sostenida por columnas y viguetas, enteramente independientes de la obra de fábrica. En los últimos doce años se han instalado, especialmente en América, con arreglo á este tipo muchos *cientos de miles de caballos* de fuerza. A sus excelentes resultados hay que añadir un gasto menor de 25 céntimos por caballo y por año para conservación de las calderas.

El tipo núm. 21 tiene el frontis de hierro dulce, su depósito más largo, sus fondos de acero forjado, las secciones reunidas por medio de cajas transversales, redoblonadas por abajo en las partes anterior y posterior.

En el tipo núm. 22 todas las partes de la caldera son de hierro ó acero forjado, tanto los colectores sinuosos, como las cajas de conexión transversales ó de reunión con el depósito; es el tipo de menor peso, de mayor resistencia y duración y adoptado de un modo general por la Compañía.

Construcción.—La caldera de los Sres. Babcock y Wilcox está constituída por tubos de hierro forjado ó de acero muy dulce, soldados á recubrimiento ó solape, colocados en posición inclinada y comunicando entre sí y con los depósitos del vapor y agua por medio de conductos verticales, dispuestos en cada uno de sus extremos. También comunican con el colector de fango, situado en la parte posterior y más baja de la caldera.

Conexiones. Se hace la conexión de cada fila vertical de

tubos por medio de colectores de una sola pieza, de forma sinuosa, en la que los tubos de una misma fila horizontal se colocan precisamente encima de los intervalos, que separan á los tubos de la fila inferior. Las secciones así formadas se unen con los depósitos de vapor y agua y con el recipiente de fango por medio de tubos cortos, asegurados en agujeros torneados, por medio de expansión.

Los registros para la limpieza están enfrente del extremo de cada tubo y se cierran por medio de tapas alisadas, que dan un contacto metálico perfecto. La impermeabilidad y resistencia se prueban á una presión hidráulica de veintiuna atmósferas.

Los depósitos cilíndricos de vapor y agua están construídos con fuertes palastros de hierro ó acero, cosidos ó redoblados con doble línea de remaches, probados á atmósferas.

Montaje.—Á fin de que la caldera y los muros no sufran por la desigual dilatación del hierro y de la mampostería, la caldera queda suspendida por viguetas de hierro, que descansan sobre columnas también de hierro, independientes de la obra de fábrica.

Hogar. Está situado debajo del extremo más elevado de los tubos, en la parte interior de la caldera; los productos de la combustión se elevan y pasan entre los tubos, van á la cámara de combustión situada bajo el receptáculo de agua y vapor, descienden á través de la parte central de los tubos, remontan de nuevo por la parte posterior de los mismos y se dirigen á la chimenea.

Cómo funciona.—El agua de los tubos, al calentarse, tiende á ganar la parte superior, forma enseguida una mezcla de agua y vapor, de menor densidad que el agua situada en la parte posterior de la caldera, y sube por los conductos verticales al depósito; en éste se separa el vapor, mientras el agua desciende por la parte posterior de la caldera y por el conducto descendente á los tubos inclinados. Así resulta, por ser muy desahogadas las comunicaciones, una circulación con-

tínua y rápida, que arrastra el vapor, apenas formado en los tubos, y lo reemplaza por agua, absorbiendo el calor del hogar.

La uniformidad de la temperatura en toda la caldera y la rapidez de la circulación impiden las incrustaciones sobre las superficies caldeadas, siendo arrastrados los sedimentos por el agua hasta el recipiente destinado á este fin, de donde se les extrae periódicamente.

La toma de vapor se hace en la parte posterior y superior del depósito, sitio en el cual el vapor está completamente exento de agua.

Ventajas de estas calderas.—1.^a *Pequeño espesor de las paredes de las superficies de calefacción directa*; pues el gran espesor es un obstáculo para la transmisión del calor y origina el enrojecimiento, causa de explosiones.

2.^a *Las uniones están lejos de la acción del fuego*; evitando así roturas peligrosas y excesos de tensión,

3.^a *Gran área de tiro*, que es toda la cámara, en que están encerrados los tubos. La disposición ascendente y descendente del tiro da tiempo á las superficies, para absorber el calor de los gases de combustión, antes de que sean arrastrados á la chimenea.

4.^a *Combustión completa*; depende ésta de que se verifique la combustión íntima de los gases con una cantidad apropiada de aire atmosférico en los hogares. En estas calderas la corriente de los gases se divide, al chocar con el laberinto que forman los tubos, se mezcla con el aire y tiene tiempo de completar su combustión en la cámara comprendida entre los tubos y el depósito. En los gases recogidos á la salida de la chimenea de unas calderas Babcock y Wilcox existe á lo más, según análisis del Dr. Behr, 1 por 100 oxígeno libre, cuando había algún vestigio de óxido de carbono.

5.^a *Absorción completa del calor*, debida á que la corriente de gases es casi perpendicular á las superficies de calefacción y á que pasa tres veces por entre los tubos.

6.^a *Circulación efectiva del agua*, pues no hay corrientes encontradas.

7.^a *Formación rápida del vapor*, gracias á la división del agua en una serie de pequeñas corrientes, por tubos de poco espesor y á través de la parte más caliente del hogar.

8.^a *Sequedad del vapor*, debida á su completa separación del agua en la gran superficie de desprendimiento, que ofrece el depósito, y á que el vapor comienza á desprenderse en la parte anterior del depósito y se le toma en la posterior.

9.^a *Estabilidad del nivel del agua*, debida á la gran superficie del depósito y al desahogo, que ofrecen á la circulación las secciones de la caldera.

10.^a *Libertad de dilatación*.

11.^a *Seguridad contra las explosiones*, hijas de la desigualdad de dilataciones, que se ha evitado. La circulación del agua es tan activa, que no puede quedar en seco ninguna porción de la superficie de caldeo.

12.^a *Capacidad*. De ella depende la buena marcha de todo generador. Si no hay bastante capacidad para el vapor y el agua, la presión del vapor subirá ó bajará de repente y lo mismo ocurrirá al nivel del agua. Una cámara demasiado grande hace que la vaporización sea demasiado lenta, aumenta la superficie de irradiación y las pérdidas consiguientes. La de las calderas Babcock y Wilcox es tal, que pueden forzarse hasta el último extremo, manteniéndose constantes el nivel del agua y la presión y producir vapor seco. El espacio total ocupado y su macizo de fábrica es igual á $\frac{2}{3}$ del ocupado por las calderas tubulares ordinarias de fuerza igual.

Su fácil limpieza, su duración, su facilidad de transporte y el pequeño coste de sus reparaciones son otras tantas ventajas, á que se añade la sanción de la experiencia.

Excede de dos millones de caballos la fuerza total de los cientos de calderas establecidas por la Compañía. En España las han adoptado las estaciones centrales de electricidad de Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Málaga, etc. y de más

de cincuenta poblaciones importantes; así como una infinidad de fábricas de harinas, tejidos, hilados, papel, paños, sombreros, hielo, azúcar, etc., en las minas, altos hornos, parques de artillería, construcciones metálicas, carpinterías mecánicas, lavaderos, etc., etc

MÁQUINAS TÉRMICAS.

Su concepto.—Son los aparatos que transforman el calor en movimiento.

Su clasificación.—1.º *de vapor* de agua, de alcohol, etc.; 2.º de petróleo (gasolina); 3.º *de gas* del alumbrado y de gas pobre, y 4.º de aire caliente.

Las más usadas son las de vapor de gas.

Máquinas de vapor.—Transforman el calor en movimiento mediante el empleo del vapor de agua.

Clasificaciones.—1.ª pueden ser fijas, (las de las fábricas) *locomóviles*, transportables sobre ruedas, (las agrícolas), y *locomotoras*, destinadas á arrastrar grandes pesos de un punto á otro sobre barras de hierro, denominadas *rails*.

2.ª Atendiendo á la fuerza del vapor, se llaman de *baja*, *media* y *alta presión*, según que ésta sea de una á dos, de dos á cuatro, ó de cuatro á ocho atmósferas.

3.ª Por la manera de obrar del vapor se llaman también de *simple* ó de *doble efecto*, según que actúa sobre una cara de pistón ó sobre las dos.

Partes esenciales á toda máquina de vapor.—En todas las máquinas de vapor existe:

1.º La *caldera* ó generador del vapor, dispuesto sobre el *hogar*. Las máquinas fijas llevan además, debajo de la caldera y en comunicación con ella, dos cilindros denominados *hervideros*, ó un número mucho mayor que éstos.

En las modernas de los Sres. Babcock y Wilcox hay 12

series de á 8, que dan 96, más 24 verticales, que hacen un total de 120 tubos hervideros, con una superficie enorme de caldeo, ó sea, unos 204 m² cuadrados al servicio de dos calderas, que funcionan en cada hogar.

2.º Una cámara de vapor con los instrumentos necesarios de medida, inspección y vigilancia.

3.º Una caja de distribución del vapor y un cuerpo de bomba con su émbolo correspondiente.

Caja de distribución del vapor. En las máquinas de doble efecto el vapor actúa alternativamente en las dos caras del pistón. A este fin pasa desde la caldera por un conducto á la caja de distribución, en que se mueve una corredera, abriendo y cerrando el camino del vapor hacia la base del cilindro ó hasta su parte alta.

Máquinas de cilindro vertical.—Suprimido el balancín de las máquinas de Watt, se trasmite directamente el movimiento del pistón al árbol de asiento y al volante, articulando su vástago con una biela que guía á una manivela, la cual mueve al árbol motor. Para que no se doble el vástago del pistón, se le hace mover dentro de una canal á lo largo de dos montantes.

Máquina de cilindro horizontal.—En la fig. 398* se representa una de esta clase, en la cual el movimiento del pistón se transmite al árbol motor por una biela y una manivela. Se ven muy distintamente: la palanca que, accionada por el regulador de fuerza centrífuga, manda la válvula de admisión del vapor en el cilindro; la caja de distribución, el tubo de entrada del vapor y el que lo conduce al condensador.

Máquinas sin condensador.—En este clase el vapor, después de ser utilizado en el cilindro, sale al aire libre, de tal modo que el pistón sufre en su carrera el peso de una atmósfera, pero esta pérdida solamente puede tolerarse en máquinas de alta presión.

Máquinas de expansión.—Son aquéllas, en que el vapor, que actúa en el cilindro, deja de estar en comunicación con el

* Not reproduced.

generador, antes de que el pistón termine su carrera; de modo que la presión disminuye, á medida que el vapor se dilata dentro del cilindro. Esto tiene la ventaja, primero, de economizar vapor y, además, evitar los choques de los pistones contra el fondo de los cilindros. A este tipo corresponden casi todas las máquinas modernas. Para realizar la expansión del vapor, se dispone la corredera de la caja de admisión, de tal modo que uno de los orificios se abra, algo después de haberse cerrado el otro.

Máquinas compound.—Fueron concebidas por Woolf con el fin de utilizar ventajosamente la expansión del vapor, y constan de dos cuerpos de bomba, cuyos pistones se mueven en el mismo sentido y transmiten á un mismo órgano la energía, que poseen. En el primer cilindro funciona el vapor á *toda presión*, es decir, que no se interrumpe su comunicación con el generador. Después de actuar en éste, pasa á la caja de vapor del segundo cilindro, que es de mayor capacidad, en el cual obra por expansión y, por último, se dirige al condensador.

Á la máquina Woolf se le ha añadido un recipiente, para recalentar el vapor, al pasar del primer cilindro al segundo, y además á cada pistón se le ha dado distinta manivela, de modo que no lleguen juntos al término de su carrera.

El nombre de *máquinas compound* ó compuestas corresponde á las que tienen muchos cuerpos de bomba.

LAS CALDERAS DEL SIGLO XX *

Aún cuando hemos publicado para las personas que nos consultan un folleto titulado "*Manera de elegir una caldera acuo-tubular*," creemos interesantes y oportunas algunas observaciones acerca de otros tipos de calderas de vapor, razón por la cual reproducimos aquí un artículo de nuestro manual "*El Vapor*," titulado "*Las Calderas del Siglo XX*."

* De las "Calderas Acuo-Tubulares de Vapor," Babcock & Wilcox Co.

Aparte de las muchas imitaciones y emulaciones que ha despertado el éxito no interrumpido de los tipos más afamados de calderas acuo-tubulares, el incremento que se viene dando á las presiones de vapor ha demostrado lo inadecuadas que, en general, resultan, para responder á las exigencias del progreso, en lo que respecta á la generación y empleo del vapor, las calderas del tipo llamado de "hogar interior" ó sea de gran cabida de agua. De ahí que se hayan dado á conocer en el mercado muchas clases de calderas acuo-tubulares que carecen de aquellas particularidades características que al tener un perfecto dominio de la materia, se hubieran considerado como esenciales. Verdad es que también se han introducido modificaciones en la construcción y uso de las calderas de hogar interior, con el fin de subsanar defectos de detalle, pero sin llegar á hacer desaparecer la causa fundamental de los inconvenientes de este tipo de construcción.

Los anales de las oficinas de patentes y de propiedad industrial de todos los países, revelan que este asunto ha preocupado la atención de los técnicos, y demuestran la tendencia de muchos ingenieros á considerar como adelantos ó mejoras, ciertas ligeras modificaciones de antiguos modelos, sin prestar la debida atención á las características que han de servir de norma en el estudio técnico de la construcción de calderas de vapor, siendo este un ramo de la ciencia mecánica que requiere un estudio más detenido, y mayor experiencia y pericia, que casi ningún otro, puesto que abarca, no tan sólo conocimientos de construcción mecánica, sino de física y química también.

El hecho de haber obtenido patente de invención una caldera, no prueba en modo alguno que no entren en su construcción elementos que han sido ya ensayados y desechados anteriormente.

Quizás puedan ser de especial interés algunas consideraciones sobre las deficiencias de varios tipos de calderas conoci-

das hoy día en el mercado, habida cuenta de las "condiciones que debe reunir una caldera de vapor perfecta."

He aquí enumeradas dichas condiciones, haciendo caso omiso de detalles de menor cuantía.

Un gran factor de seguridad.

Capacidad ó cabida suficiente para vapor y agua, con el fin de evitar fluctuaciones bruscas;

Una superficie de calefacción, dispuesta de manera que absorba perfectamente el calor.

Supresión absoluta de tirantes atornillados y de cualquier otra complicación;

Construcción seccionada para garantizar su seguridad.

Que sean rectos los tubos, para poder inspeccionar de extremo á extremo y limpiar por medio de una rasqueta sencilla;

Pequeño coste de las piezas de repuesto, con objeto de que el gasto de entretenimiento resulte reducido;

La construcción de la caldera deberá ser de hierro forjado ó de acero, en todas sus partes;

Una superficie ámplia para el desprendimiento del vapor para asegurar que el vapor esté seco, así como un nivel de agua estable;

Una circulación continua del agua;

Libertad para la dilatación y contracción;

Entre los tipos de calderas cilíndricas, llamadas de casco, en las que el agua está contenida en un recipiente ó casco de gran capacidad, los más conocidos son los siguientes:

1. La caldera Cornish, ó de un solo hogar interior.
2. La caldera Lancashire, ó de doble hogar.
3. Caldera multitubular, ó de hogar inferior.
4. Caldera tubular con hogar interior, tipo marino, llamada "Caldera escocesa."
5. Combinación en un solo casco ó cuerpo, de los tipos 2 y 3, conocida entre otros nombres, por "Caldera tubular de retorno," "Caldera Económica," etc.

6. La Caldera “combinada” consistente en un pequeño modelo del No 2 con uno del No 3 sobrepuesto.

7. [Tipo] que consiste en una mitad del No 2 y otra mitad del No 3.

8. El tipo vertical con hogar interior que, por lo general, sólo se construye en tamaños muy pequeños.

9. Tipo locomotora.

El principal argumento que se aduce á favor de los tipos 1 al 7, es el de que contienen un gran volumen de agua, no estando, por consiguiente, tan propensas á fluctuaciones de presión bruscas como las calderas acuo-tubulares, que contienen un menor volumen de ésta.

Este argumento es sostenible solamente en tanto que estos tipos de caldera contienen, en efecto, mayor cantidad de agua, en comparación con la cantidad de vapor que generan, que aún las mejores calderas acuo-tubulares, pero son rarísimos los casos en que se impone la necesidad de tan considerable volumen de agua. Cuando el vapor producido se destina á fuerza motriz, la ventaja reivindicada es completamente ilusoria. Es mucho más importante disponer de una rápida potencia generadora, en razón á que, al trabajar con una máquina de vapor de tamaño proporcionado, la presión disminuiría en breves minutos, si el proceso de generación de vapor no siguiese su curso al mismo tiempo, aún tratándose de un tipo de caldera que tuviese el maximum de cabida de agua.

La caldera Cornish, ó de un solo hogar, es uno de los tipos más antiguos que hoy se usan, y tienen su nombre acreditado de larga fecha, funcionando á marcha lenta y á baja presión.

Para las necesidades de hoy en día, que son “alta presión,” “seguridad,” “gran rendimiento útil,” y “economía de espacio,” no puede competir.

Los defectos de que adolece para llenar estos requisitos son los siguientes:—

Falta de circulación, exigiendo, por lo tanto, mayor tiempo

para generar vapor. Las violentas tensiones de rasgadura á que están sujetos los materiales, en razón á que el agua y la caldera se van calentando por la parte de arriba, antes de que el fondo se caliente por igual. Para grandes diámetros, la alta presión requiere un material de gran espesor, y así se aumentan las tensiones. La caldera Cornish es un tipo que, debido á su gran cabida de agua en volumen íntegro, está propensa á explosiones, con riesgo de ocasionar grandes daños en las vidas y propiedades.

Su superficie de calefacción no está dispuesta de modo que divida por completo los gases calientes de la combustión; en su consecuencia absorbe el calor lentamente, y solo es eficaz cuando funciona á marcha lenta.

Cualquier incrustación producida por el agua, se fija generalmente, en la parte superior del hogar y conductos de llamas y humos, donde se aplica el mayor calor.

Las reparaciones tienen que ser hechas por personal perito en la construcción de calderas.

Existe una modificación en este tipo, en que el tubo de hogar es excéntrico para facilitar su limpieza, pero prescindiendo del hecho de que es dudoso si con ello se consigue ventaja alguna, la caldera ofrece los mismos inconvenientes para las necesidades de hoy en día, que el tipo Cornish sencillo.

La caldera "Lancashire," ó sea la de doble hogar está construida con arreglo á los mismos principios generales que el tipo Cornish, por lo cual la alcanza el mismo juicio crítico.

Podríamos citar muchos casos de calderas Lancashire construidas con planchas ó chapa de gran espesor para ponerlas en condiciones de resistir de 12:5 á 14 kilos de presión, y sin embargo, no han podido resistir las tensiones de rasgadura y han dado lugar, generalmente, á fugas y escapes. El empleo del doble hogar tubular, y sobre todo, el de tubos "Galloway," cruzados en los hogares, demuestra la necesidad de habilitar mayor superficie de calefacción en un determinado espacio, y de disponer mejores medios para dividir los gases. Esto se

aprecia particularmente en las calderas de los tipos 3, 4, 5, 6 y 7.

Todas ellas adolecen de los mismos defectos de falta de seguridad y de economía de espacio, aparte del desgaste producido por las tensiones de rasgadura, etc.

Cuando estas calderas se construyen para trabajar á altas presiones, todas ellas requieren sumo cuidado en su entretenimiento. Las reparaciones sólo pueden ser hechas por constructores muy peritos; y como quiera que estas debilitan y suelen ser causa de que se resienta su estructura, al cabo de pocos años de trabajar, hay que reducir la presión de marcha.

Sabido es que, en los tipos 3, 4, 5, 6, y 7, si se levanta la presión rápidamente, se producen fugas en los extremos de los tubos. ¿Qué mejor demostración puede darse de que la expansión entre el casco ó cuerpo de la caldera, los tubos y los hogares tubulares es desigual? De donde resulta que el conjunto de la construcción está sujeto á tensiones incalculables y sumamente violentas que afectan á su duración.

En el tipo 4 (la caldera marina tipo escocés), las reparaciones que suelen ser necesarias á bordo de un barco, que es donde esta caldera se usa mucho, son las siguientes: reposición de los tirantes de la cámara de combustión; reparaciones en la cámara de combustión que se deforma, y el volver á dilatar los tubos. Los maquinistas navales saben muy bien lo graves que son estos inconvenientes, y han sido causa de que aún para servicio marítimo, siga en constante aumento la aplicación de la caldera acuotubular.

En el tipo 5, empleando una cámara de combustión de obra de mampostería para servicio terrestre, se ha intentado hacer desaparecer los trastornos que originan los tirantes de la cámara de combustión. No obstante, con todo y con eso subsisten los defectos generales en los tipos de calderas cilíndricas, anteriormente citadas, y en particular, el desgaste en los extremos y juntas de los tubos, por estar sometidos á la acción directa del fuego.

Las mismas deficiencias existen en los tipos 6 y 7, pero el tipo 6 es la peor forma concebible, puesto que, además de otros defectos, la tensión ejercida en las piezas de unión de los dos cuerpos cilíndricos, como consecuencia de la diferencia de dilatación de las calderas superior é inferior, y la necesidad de observar dos niveles de agua, habría de excluir este tipo de la consideración de todo ingeniero competente.

La caldera de hogar vertical es un expediente del que se echa mano únicamente para potencia reducida.

En razón á su forma, la caldera de locomotora es un tipo muy á propósito para el objeto á que está dedicada, pero requiere mucho más cuidado en su manejo que ninguna otra clase, así como más frecuentes reparaciones, como lo atestiguan los datos de las compañías ferroviarias.

Los defectos principales de todas las calderas que dejamos enumeradas pueden subsanarse con el tipo "acuo-tubular."

La diferencia entre una caldera acuo-tubular buena y mala depende, sin embargo, de los detalles en la aplicación mecánica del principio acuo-tubular, ó, en otros términos, de la construcción detallada de las calderas mismas, acerca de lo cual habremos de exponer los informes siguientes:—

En la época presente existen tres tipos distintos de calderas acuo-tubulares, que son objeto de la atención de cuantos se sirven del vapor, á saber:

El tipo de tubos curvados.

El tipo de tubos Field, y

El tipo de tubos rectos.

Puede decirse que las calderas de tubos curvados, constituyen una legión.

El impulso que se ha dado al modelo de calderas de tubos curvados para torpederos, es debido al éxito que ha tenido el empleo de la caldera "Thornycroft" para dichos servicios. Acerca de esta caldera no negaremos que hay habilidad é inteligencia en la ejecución de sus detalles. No se puede in-

vocar el que sea apropiada para uso con ninguna clase de agua más que la condensada, ni que su limpieza sea fácil, ni el que reuna las condiciones de una caldera de vapor fija ó de una caldera para la marina mercante. Está proyectada para un uso especial y ese objeto le ha realizado. Casi todas las demás calderas de tubos curvados están más ó menos copias de ella. Si no hubiese dado resultado en los torpederos y barcos similares, es muy probable que otras muchas calderas del mismo tipo no hubiesen visto nunca la luz del día.

La única caldera de tubos curvados que ha llegado á emplearse para servicio terrestre ó fijo es la representada en la Fig. 11,* pero su uso ha sido circunscrito principalmente á los Estados Unidos. El proyecto carece de ciertos detalles esenciales que deberían regir la construcción de un generador de vapor para servicio terrestre.

Consiste sencillamente dicha caldera en varios haces tubulares curvados y describiendo curvas variadas, unidos entre sí por medio de unos cuantos tambores ó cilindros y con un hogar por debajo. No se puede limpiar con ningún rasca-tubos ordinario. Es posible que se pueda introducir, forzándolo, un rasca-tubos flexible, pero es muy dudoso si el tubo queda limpio ó no, puesto que, debido á su encorvadura, no se puede mirar á través de todo él. Además de esto, como los tambores ó receptores están acribillados de agujeros, su construcción necesariamente ofrece poca resistencia.

Otras calderas de construcción parecida á la que va representada más arriba, pero de tubos rectos, ofrecen también ciertos inconvenientes, tanto en lo que respecta á la reposición de tubos defectuosos y su limpieza, como á la facilidad con que los gases de la combustión pasan por entre los haces de tubos verticales, ó casi verticales, y escapan rápidamente á una elevada temperatura á los conductos de humos, antes de haber transmitido enteramente su calor al agua de la caldera.

Bajo el nombre de caldera acuo-tubular de "tubo interno"

* Not reproduced.

se designa un tipo que tiene un tubo metido dentro de otro en disposición concéntrica, estableciéndose la circulación de manera que baje por el tubo interior y suba por el exterior, yendo cada tubo tapado por uno de sus extremos.

El inconveniente que, desde luego, ofrece este tipo, es la imposibilidad de limpiar ó vaciar la caldera con sólo abrir un simple grifo de purga, y la consiguiente necesidad de retirar el tapón de cierre posterior de cada tubo para desocuparle. El espacio anular que media entre los dos tubos favorece la acumulación de sedimentos, y como los tubos van enroscados y son de varias hechuras especiales, resultan más costosos que los tubos lisos, y, por consiguiente, el gasto de entretenimiento es mayor.

Es muy posible que estos defectos sean la causa de que estas calderas no hayan tenido mayor aceptación.

Entre las calderas acuo-tubulares, de tubos rectos de fácil limpieza, las hay no-seccionales y seccionales. Por las primeras queremos dar á entender aquellas en que los tubos van fijos en unas grandes cámaras de agua, reforzadas por tirantes, resultando, por lo tanto, la parte tubular de la caldera, una sola pieza pesada.

El inconveniente principal de este tipo de caldera es el de que las grandes cámaras ó cajas de agua que hay en las extremidades de los tubos, son superficies planas atirantadas, las cuales, si se recalientan en demasía, pudieran llegar á hacer explosión con consecuencias desastrosas; aparte de que una construcción plana y atirantada está expuesta á tensiones de dilatación que tienden á alabearla. Si los tirantes ocasionan fugas ó se rompen, podrá haber necesidad de retirar un gran número de tubos para poder tener acceso al costado de las cámaras de agua que está junto al fuego. Por eso, la colocación y calafateado de tirantes tienen que estar hechos por un calderero perito.

Estos tirantes pueden ser causa de perturbaciones continuas, y son, desde luego, elementos de construcción perjudiciales en

cualquier caldera. El factor de seguridad entra, por lo general, en muy poco en la construcción de una cámara de agua, por lo cual, un esfuerzo relativamente débil la haría alabearse y producir fugas.

En la construcción de una caldera no debe entrar superficie alguna atirantada, pues es casi imposible, y desde luego improbable, que un número de tirantes queden ó puedan quedar ajustados de manera que resistan tensiones por igual. Al ceder ó romperse uno de los tirantes que soporta la mayor tensión, sigue la rotura de los demás, como es consiguiente, y puede sobrevenir una explosión desastrosa; de suerte que, cualquier margen ó elemento de seguridad que en un principio hubiese sido previsto en una caldera, queda gravemente resentido por la rotura ó corrosión de uno solo tornillo.

Aquellos principios de construcción que contribuyen á aumentar la rigidez de las calderas de vapor, tienden á hacerlas inadecuadas á las varias tensiones á que están sujetas al levantar la presión del vapor, y deberán ser desechados.

VII

APLICACIONES DEL AIRE COMPRIMIDO *

Aplicaciones del aire comprimido.—Entre éstas, pueden citarse:

a. *La telegrafía pneumática.* Funciona en París, Berlín y otras ciudades. Cada dos estaciones están unidas por tubos de fundición, por los cuales marchan los despachos, encerrados en cajas cilíndricas de igual diámetro que los tubos. Estas cajas hacen el oficio de pistones móviles, de una parte á beneficio del enrarecimiento del aire en la canalización, y de otra por la fuerza elástica del aire comprimido. Así, pues, cada estación hace funcionar su máquina de enrarecimiento, para recibir despachos, y su máquina de compresión, para transmitirlos. La velocidad del pistón móvil es próximamente un kilómetro por minuto.

Telégrafo pneumático. Los Sres. Ducretet construyen un modelo de demostración, que consiste en dos cabezas de línea unidas por seis metros de tubería metálica, y una caja de despachos, que es un pistón hueco, disponible en el interior de las cabezas de línea y del mismo diámetro que la tubería. Su traslación se realiza por enrarecimiento ó por presión, á expensas de un depósito intercalado, que se carga con bombas de mano.

b. *Distribución de la hora. Relojes pneumáticos.* La distribución de la hora á diferentes puntos se practica mediante un reloj tipo, que á cada minuto hace comunicar los depósitos de aire comprimido con la canalización, en que están intercalados relojes especiales para los abonados. Estos relojes

* De la "Física Moderna."

receptores son sencillamente cuadrantes, en cuyo dorso existe una rueda dentada, que lleva una aguja minuteria: un pistoncito móvil hace avanzar un diente de la rueda y, por tanto, una división á cada impulso del aire comprimido.

c. Trabajos subterráneos. Apertura de túneles. Los taladros, de forma especial, que se han empleado para abrir los túneles á través de los Alpes, eran movidos por el aire comprimido.

d. Trabajos bajo el agua. Campana de buzos. Para mantenerla llena de aire bajo el agua, se inyecta el aire mediante una bomba de compresión.

Fundación de puentes. A este fin se introduce verticalmente en el lecho del río un cilindro de palastro, de unos dos metros de diámetro: en su cubierta se practican dos aberturas y se hace comunicar una de ellas con una máquina de compresión, mientras que la otra da paso á un tubo, que por un extremo llega al fondo del agua y por el otro vierte al exterior el agua expulsada por el aire comprimido.

La entrada de los operarios en el cilindro se hace por un vestibulo, sin establecer la comunicación del cilindro con el aire exterior.

Este procedimiento, ideado por el ingeniero Triger y posteriormente perfeccionado, es ya de un empleo universal.

El puente de Kehl. En la instalación de las obras para construir los machones del puente de Kehl sobre el Rhin, los trabajadores extraían escombros en el interior de uno de los cajones, situados bajo el lecho del río. He aquí en que consistía:

Una enorme caja de palastro (de paredes sólidamente atorilladas y reforzadas, tanto interior como exteriormente, con puntales y contrafuertes de hierro), de forma rectangular, abierta en su base interior, al paso que la superior, provista de tres aberturas circulares, termina en otras tantas chimeneas de hierro; las dos chimeneas laterales, que comunican simplemente con el interior de la caja, tienen encima una cámara

de aire; la del medio descende hasta más abajo de la base interior del cajón.

Si se baja al fondo del río esta gran campana de buzo, de manera que la base abierta descansa en el lecho de casquijo y arena, penetrará el agua en toda su capacidad y, en virtud de la ley hidrostática de los vasos comunicantes, se elevará por las tres chimeneas hasta el nivel del agua del río. Pero si, mediante el empleo de bombas de compresión ó de máquinas insuflantes, (movidas á vapor ó instaladas en un barco), se hace penetrar aire en las dos chimeneas laterales, será rechazada el agua de éstas, obligándola á escaparse por los intersticios de los bordes inferiores, dejando vacío el lecho de casquijo en que descansa la caja, y llena únicamente la chimenea central. Dentro de ésta funciona una draga ó noria, que vierte en un barco los escombros. Los obreros bajan al interior del cajón por unas cámaras, que forman esclusas, y por las chimeneas laterales y, defendidos de la invasión de las aguas del río por una presión de 2 á 3 atmósferas, socavan el fondo, echando los escombros hacia la base de la chimenea central.

El peso de la obra de mampostería, que se va construyendo al exterior, gravita sobre el cajón, y cuando alcanza éste la profundidad conveniente, salen los obreros, llénanse de cemento hidráulico la caja y las tres chimeneas, y queda terminada la cimentación.

El puente de Kehl consta de dos estribos y 4 pilas; cada una de las 2 pilas de los lados descansa en 4 cajones y las otras dos en tres cajones solamente.

Este procedimiento se emplea ventajosamente, siempre que la profundidad del lecho del río ó brazo de mar, la rapidez de la corriente ó la composición del terreno son obstáculos á los medios comunes.

En Francia el puente de Burdeos, en Inglaterra el de Rochester y en los Estados Unidos el de S. Luis sobre el Misisipí se han construido por este procedimiento.

e. *Freno neumático.* El de Westinghouse está actualmente instalado en los coches de ferrocarril.

Una máquina de compresión, accionada por el vapor de la locomotora, eleva á 5 atmósferas el aire contenido en una cámara, situada cerca del mecánico, y en otros depósitos menores situados debajo de cada coche. El mecánico puede lanzar el aire comprimido por un tubo, que recorre todo el tren. Debajo de cada coche, en su parte media, hay un cuerpo de bomba ó cilindro con dos pistones, á que obedecen los frenos. Cuando el aire comprimido penetra en cada cilindro, actúa á la vez sobre los dos pistones, que se hacen frente, y los aleja uno de otro, resultando instantáneamente apretados los frenos.

En caso de ruptura del tiro ó de los enganches, se establece la comunicación del depósito de aire comprimido de cada coche con la parte media del cilindro, en que están los pistones, y el cierre automático de los frenos se establece en el acto.

VIII

TURBINA *

Aplicaciones de la turbina de Laval.—*Motores.* La turbina de Laval puede sustituir á los motores de vapor ordinarios en todas sus aplicaciones. La fig. 405† representa una turbina motriz, tipo de 5 á 30 caballos. Á partir de esta potencia, llevan las turbinas dos árboles motores gemelos y, por consiguiente, dos poleas de transmisión, para efectuarla por cable tendido por un tensor especial. Las poleas de garganta pueden ser sustituidas por poleas ordinarias, como sucede en general.

Turbinas-bombas.—Constan de una bomba centrífuga, directamente accionada por una turbina de vapor. Su rendimiento es, por lo menos, tan elevado como el de las mejores bombas centrífugas conocidas, y la experiencia ha demostrado que pueden producir un efecto útil, superior á 70 por 100. La salida del agua se efectúa de modo continuo y sin ninguna sacudida.

Es muy notable la *turbina-bomba conjugada*, en la que cada uno de los árboles motores de la turbina está directamente acoplado á una bomba centrífuga y las dos bombas unidas entre sí, ó paralelamente para duplicar el gasto, ó en serie para aumentar la presión del líquido lanzado. En el último caso el líquido, que ha pasado por la primera bomba, es recogido por la segunda, lo cual permite comunicarle una presión, doble de la que daría una sola bomba, y elevarlo á una altura mucho mayor. Su preparación es fácil y breve y su

* De la "Física Moderna."

† Not reproduced.

entretenimiento de los más sencillos. Tiene pocos órganos móviles, es robusta y necesita poco aceite. En el momento de hacer funcionar la bomba, se llena de agua el tubo de aspiración y se la pone en marcha. Si en el fondo del tubo de aspiración existe válvula de chapa y no se halla vacío por una razón cualquiera, no hay más que abrir la válvula de admisión, para que la bomba se ponga en marcha.

Para las *bombas grandes* se adopta la disposición siguiente: Se coloca una llave en la bomba ó en el conducto de salida, para aislar el conjunto, de la bomba y del tubo de aspiración. Sobre éste se halla un eyector de vapor, provisto de una llave. Para poner en marcha la bomba, se cierra la primera llave y se abre la segunda. De este modo es aspirado y arrastrado por el vapor el aire del conducto de aspiración y de la bomba. El agua sube en el conducto, en virtud de la presión atmosférica, y, cuando lo llena, sale en vez de la mezcla de aire y de vapor. Entonces está dispuesta la bomba para funcionar: se cierra la llave del eyector, se dirige el vapor sobre la turbina y, tan pronto como el manómetro indica que la presión sube, se abre la llave dispuesta sobre el conducto de salida. En el caso de que el chorro de la bomba se afloje ó ceda, se abre la llave del eyector, hasta que salte el agua.

Turbinas-dinamos.—Las turbinas de Laval pueden acoplarse directamente á las dinamos. La figura 407* representa un grupo electrógeno de esta clase. También se acoplan á las turbinas dinamos de dos inducidos para la distribución trifilar.

Ventajas.—La turbina Laval ofrece, en resumen, muchas ventajas, á saber: gran sencillez de construcción, pequeñas resistencias pasivas, volumen reducido, poco peso, cimientos insignificantes, velocidad muy constante, consumo normal, gasto considerablemente reducido de aceite y de trapos, poca vigilancia, facilidad para desmontarla é inspeccionarla,

* Not reproduced.

marcha silenciosa y sin trepidaciones, lo cual permite instalarla dentro de las viviendas y en los más exíguos emplazamientos. Estas ventajas están confirmadas por la práctica de varios años. En 15 de Mayo de 1897 habíanse puesto en servicio 32.000 caballos, siendo irreprochable su funcionamiento en todas partes. Las turbinas de vapor pueden ser accionadas por las calderas ordinarias y, cuanto mayor sea la presión, más económico es su empleo. Pueden acoplarse directamente á dinamos, bombas centrífugas, ventiladores, etc. Turbinas-dinamos de 360 caballos han sido adquiridas por varias Compañías, como la *Société d' Eclairage et de Force par l' électricité* de Paris, la *Edison Electric Illuminating Company* de Nueva York y otras. Turbinas de 100 caballos en número notable, funcionan en varias fábricas de azúcar, en ferreterías y carpinterías mecánicas, etc. De varios tipos y potencias, desde 5 caballos en adelante, funcionan en fábricas de todas clases turbinas-motores y turbinas-dinamos, habiendo sido adoptadas para algunos buques por varias Compañías de transportes marítimos.

IX

TRANSPORTE DE LA FUERZA Á DISTANCIA *

Utilización de las fuerzas naturales.—a. Saltos de agua.

El agua, obedeciendo á la gravedad, suministra en sus saltos y desniveles fuerza motriz, que puede utilizarse en molinos y batanes para la fabricación de harinas y confección de paños, fieltros, etc., ó ser recogida en el árbol motor de ruedas hidráulicas ó de turbinas, para accionar dinamos.

b. *Las olas del mar*, actuando sobre receptores á propósito, podrían dar el mismo resultado.

c. *La fuerza del viento* que, actuando sobre las aspas de un molino, produce la rotación de un árbol, es susceptible de ser transformada, mediante una dinamo, en energía eléctrica.

d. *El calor solar*, actuando mediante reflectores á propósito sobre un generador termo-eléctrico, convenientemente dispuesto, puede ser directamente transformado en energía eléctrica.

Aprovechamiento de la energía eléctrica.—Puede ser la corriente eléctrica: 1.º *aprovechada en el mismo sitio* para trabajos de electrometalurgia, en el beneficio de minerales, para los de galvanoplastia y electrometalización (dorado, plateado, niquelado, cobrizado... etc.) y para la producción de calor y luz; 2.º *recogida en acumuladores*, utilizables en cualquier sitio, y 3.º *transportada* directamente, merced al principio de reversibilidad, al punto donde convenga utilizarla.

Problemas resueltos.—La dificultad de utilizar la energía

* De la "Física Moderna."

eléctrica en el punto mismo, donde se origina á beneficio de turbinas y dinamos; y la necesidad de dividir la luz eléctrica constituían dos problemas interesantes, hoy felizmente resueltos por el principio de reversibilidad y mediante la transformación del potencial eléctrico é intensidad eléctrica ó viceversa.

Reversibilidad.—La corriente engendrada por una magneto, una dinamo ó una pila eléctrica, puede actuar sobre una segunda máquina, dinamo ó magneto, y hacer girar su armadura.

Demostración experimental.—Puede hacerse, reuniendo por conductores: 1.º *los polos de dos magnetos*, en cuyo caso, haciendo girar con la mano una de ellas, se pone á girar la otra en sentido contrario conforme á la ley de Lentz y, si el conductor es corto y de poca resistencia, con velocidad casi igual.

2.º *Una magneto y una pila* de 4 elementos Bunsen y se observará que la magneto gira conforme á la ley de Lentz, bajo la acción de una corriente de sentido contrario á la que produciría ella misma, si se hiciese funcionar con la mano. En el primero de estos dos casos, si se invierte el sentido de la rotación en la primera máquina, se invierte también en la segunda. En el segundo caso, si se invierten los polos de la pila, se invierte la rotación en la máquina.

3.º *Una magneto y una dinamo.* En este caso la segunda se pone á girar, como en los anteriores; pero, si se invierte la rotación en la primera, sigue en la primitiva dirección la segunda. La razón de ello es que hay doble inversión, una en la primera máquina y otra en la segunda, al cambiar la polaridad de los electroimanes.

4.º *Dos dinamos.* Haciendo girar una de ellas, gira la otra en sentido invariable. Estos hechos, comprendidos bajo el nombre de *reversibilidad*, demuestran la fácil transformación de la energía mecánica en eléctrica y de la energía en mecánica.

Pérdida.—Si los conductores son largos, como ocurre al reunir dos dinamos muy distantes, la velocidad de la *receptora* es menor que la de la *generatriz*, porque la resistencia de los conductores disminuye la intensidad de la corriente, según la ley de Ohm.

Transporte de la fuerza.—Recogida convenientemente una de las energías naturales, por ejemplo, la de un salto de agua en el árbol motor de una turbina y puesta por ella en movimiento una dinamo, se envían las corrientes engendradas por conductores: 1.º á otra dinamo, situada á varios kilómetros de distancia, *para que obre como motor* de diferentes trabajos, en fábricas de serrar, máquinas de imprimir, tornos de cerrajería y de carpintería ú otros útiles de taller. 2.º á uno ó varios transformadores del potencial en cantidad, que constituyen circuitos á propósito para la instalación de focos y de lámparas.

Fórmula de la intensidad.—Si suponemos que la corriente de la generatriz actúa sobre otra dinamo, la *intensidad* del circuito, en el cual tenemos una f. e. m.* inversa E' . que produce la receptriz, será $I = \frac{E - E'}{R + r' + r''}$; en la que R es la resistencia de la línea, r' y r'' las resistencias interiores de las dinamos.

Trabajo utilizable.—Pero siendo $W_t = E I$ el trabajo de la generatriz y $W_p, I^2 R$ el trabajo perdido en calor por la resistencia de los conductores, tendremos $W_u = E I - I^2 R = E' I$ para fórmula del *trabajo utilizable*, que llega á la dinamo receptora.

Rendimiento del transporte.—Es el cuociente del trabajo de la receptora por el de la generatriz, ó sea, $\frac{E' I}{E I} = \frac{E'}{E}$, que equivale al cuociente de las fuerzas electromotrices de ambas máquinas.

Soluciones para el transporte de la energía eléctrica á

* Fuerza electromotriz.

distancia.—Tres soluciones diferentes pueden darse á este problema: 1.^a *Por corrientes continuas* de 2 á 3 mil volts, cuando no dista mucho la segunda estación, en la cual se reciben en electromotores de corriente continúa, denominados *transformadores rotativos*, que dan la corriente á baja tensión. 2.^a *Por corrientes alternativas simples*, cuyo elevado potencial se reduce en puntos previamente elegidos. Y 3.^a *Por corrientes polifáceas*, empleando como generador un alternador polifáceo y como receptor un motor *asincrónico*, ó de campo magnético rotatorio.

La 1.^a solución se funda en la reversibilidad y en el sincronismo natural de las corrientes continuas. En la 2.^a existen algunas dificultades, para poner en marcha los motores sincrónicos ó de corriente alternativa simple. La 3.^a es la más moderna y la que actualmente alcanza el puesto de honor para las grandes distancias.

La mejor solución.—Son preferibles á este fin las corrientes alternativas de elevado potencial y, entre éstas, las de dos fases. Para obtenerlas, empléanse alternadores, que dan pocos volts y muchos ampéres, en combinación con transformadores, que en la misma estación elevan el potencial á 5, 6 y 7 mil volts, antes de enviar la corriente á la línea.

Alternador bifáceo.—*Su principio.* Si se colocan simétricamente sobre un árbol común dos dinamos iguales de corrientes alternativas simples, serán iguales sus velocidades angulares, sus frecuencias y sus períodos. Pero, si fijamos los dos alternadores sobre el árbol común, de tal modo que los polos inductores de uno caigan exactamente en frente de los espacios interpolares del otro, las corrientes originadas ofrecerán una diferencia de fase de $\frac{1}{4}$ de período. Este mismo resultado se alcanza con un solo alternador, cuyos carretes inducidos, en número doble del de los inductores, guardan respecto á éstos la posición indicada. De modo análogo, para obtener un alternador trifáceo, el número de carretes inducidos ha de ser triple del de inductores.

Transformadores difáceos.—Están constituídos por tres núcleos magnéticos, de los cuales el que está en el centro es común á los dos circuitos magnéticos, así formados. En derredor de cada uno de los núcleos externos están enrollados los circuitos primarios de baja tensión y sobre éstos los secundarios de alta tensión, dejando un pequeño intervalo entre dos circuitos, para asegurar la ventilación.

X

MINERÍA.*

Historia de la Tierra.—Constituída así la Tierra como uno de tantos astros como pueblan el espacio, era, al separarse de la masa atmosférica solar, un conjunto de materias gaseosas, todas ellas mezcladas más ó menos íntimamente. Pero por el enfriamiento que fué determinándose por efecto de la irradiación calorífica á las regiones del espacio que habían quedado desprovistas de materia y, por lo tanto, de calor, se iniciaron condensaciones preferentemente en las regiones que podríamos llamar superficiales, ó límites, se iniciaron transformaciones de las masas gaseosas en otras líquidas ó sólidas que, solicitadas por la gravedad, se dirigieron hacia el centro, si bien la elevada temperatura que allí reinaba todavía y la mayor presión á que estaba sometida la materia de aquellos lugares, no les permitió llegar á él, pues antes se volatilizaron nuevamente y quedaron, por lo tanto, formando una capa en una zona de equilibrio termodinámico.

Así fué naciendo la separación definitiva entre las partes más volátiles y frías y las partes más pesadas y calientes, lo cual constituyó en definitiva un núcleo central pastoso, incandescente, como resultado de la acción combinada del calor y de la presión, envuelto por una alta y espesa atmósfera gaseosa. Pero de aquí en adelante, aunque considerado núcleo y atmósfera en conjunto era la totalidad de la masa la que irradiaba calor al espacio, puede asegurarse que este calor dimanaba casi exclusivamente del núcleo central, dando lugar

* Del "Manual Práctico para Descubrir las Minas, y para Explotarlas." Por Juan Vidal y Martí, Barcelona, 1910.

á que la parte superficial de él se enfriase y se formasen concreciones sólidas, grandes cuajarones que, aumentando en número y en espesor, lograron, no sin infinitos derrumbamientos, inmersiones y dislocaciones, adquirir definitiva estabilidad constituyendo una costra sólida, que fué ya el límite definitivo entre lo gaseoso y lo pastoso.

La Tierra, en este primer período, presentaba una actividad de enfriamiento grande, pues los vapores acuosos que como sustancias poco densas se habían acumulado preferentemente en las regiones más alejadas del centro de aquel esferoide estelar desprendido de la masa del Sol, al condensarse y caer en forma de lluvia abundante sobre la costra terrestre recientemente solidificada que conservaba todavía una muy elevada temperatura, se vaporizaba otra vez inmediatamente, y el frío producido por esta vaporización contribuía poderosamente al enfriamiento del suelo y producía, al propio tiempo, intenso trabajo mecánico de erosión y acciones químicas. Por otra parte, se sucedieron continuamente dislocaciones y erupciones en la corteza terrestre provocadas por la presión desarrollada por la masa flúida é ígnea que constituía el núcleo central. Es en este período que se forman las rocas cristalinas y silíceas (principalmente en forma de silicatos), los gneiss, pizarras micáceas, cuarcitas, etc.; y también es en él que son lanzadas violentamente á la superficie, por las presiones interiores, grandes masas de materia flúida que al solidificarse formaron las rocas volcánicas que hoy conocemos con los nombres de granitos, pórfidos, etc.

Es natural, por las condiciones especiales que atravesaba la Tierra, tanto por la temperatura elevada como por la falta de agua líquida, que no fuese posible la vida animal ni vegetal en este período, y por ello es que en los terrenos que pertenecen á esta *era primitiva*, no se encuentran ni las más rudimentarias organizaciones de vida.

Pasados quizás algunos millones de años ó siglos, lograron las aguas estacionarse ya en la superficie del suelo, por haberse

equilibrado la temperatura del suelo con la de las aguas condensadas. Se formaron, pues, los primeros mares, que por lo removido del suelo, estuvieron salpicados, seguramente, de numerosas islas é islotes. Se inicia, ó mejor, se acentúa, además la acción química de estas aguas, saturadas del ácido carbónico que constituía principalmente la atmósfera y que tenían en disolución numerosas materias minerales procedentes del suelo y de la atmósfera. Y aunque las dislocaciones y erupciones continúan abundantemente, no son tan intensas como en el período anterior. De manera, que en esta *era primaria* hay condiciones para la formación de numerosas rocas que contribuyen á la consolidación general del suelo, y á que se inicie la vida animal en el fondo de los mares y la vegetal en los continentes, principalmente esta última, que llegó á alcanzar maravilloso esplendor por las grandes masas de ácido carbónico que aguas y atmósfera contenían. No de otra manera pueden explicarse los abundantísimos yacimientos hulleros que proveen hoy de precioso combustible á las necesidades actuales de la industria.

Después de este largo y agitado período, vino la *era secundaria*, que lo fué de calma, y propia para que, ya libre la atmósfera de la mayor parte del ácido carbónico que antes contenía, pudiera desarrollarse espléndidamente la vida animal, no sólo en los mares sino también en los continentes y lagos ó mares interiores.

Á esta época, escasa en manifestaciones plutónicas, pertenecen los legendarios monstruos terrestres y marinos, de colosales dimensiones, de los cuales, aunque sólo se hayan encontrado esqueletos enteros en corto número, se ha podido reconstituir por sus restos la forma y dimensiones de la mayor parte.

También los animales de reducidas dimensiones son tan abundantes, que sus restos constituyen verdaderos bancos de ostreas, amonites, belemnitas, etc.

Por su parte, el metamorfismo terrestre era lento, muy lento, y tendía, por las sedimentaciones que se efectuaban en

los mares, á igualar la corteza terrestre, rellenando las profundidades y suavizando, por lo tanto, las crestas dejadas por las dislocaciones anteriores.

Á la tranquilidad de la época secundaria, siguió la agitada *época terciaria*, caracterizada por levantamientos plutónicos que produjeron los grandes relieves actuales, como son los Pirineos, los Apeninos, los Alpes, el Himalaya y los Andes. Al propio tiempo es activísimo el trabajo de las aguas, que en forma de corrientes y de manantiales, circulan profusamente. La abundancia de las lluvias limpia la atmósfera de sus últimas impurezas. Y es en esta era, que se rellenan las grietas terrestres antiguas y las nuevamente formadas, con los materiales que en parte explotamos hoy y que conocemos con el nombre de minerales. La vida continuó siendo abundante en la tierra y en el mar, encontrándose especialmente numulitas y restos de grandes mamíferos.

La *era cuaternaria* viene caracterizada por grandes perturbaciones climáticas que ocasionaron condensaciones atmosféricas ó lluvias en unas regiones, y copiosas nevadas en otras, y por la invasión glacial, esto es, por la presencia del agua sólida en la superficie terrestre. El trabajo del agua líquida y del agua sólida se traduce en grandes fenómenos de erosión y de transporte, dibujándose los valles y relieves que constituyen la actual topografía terrestre, la cual, aparte de estas modificaciones superficiales debidas á la erosión, no ha sufrido variaciones importantes.

En esta época han tenido lugar dos fenómenos muy importantes: la aparición del hombre en el escenario de la creación, y el gran cataclismo del diluvio que abarcó, como queda dicho, una parte extensísima de la superficie del globo, con la distribución y forma de los mares actuales, salvo pequeñas diferencias. Al principio de esta era se atribuye el hundimiento de la famosa Atlántida, cuya desaparición no podía menos de producir un cambio marcado en las condiciones meteorológicas de Europa.

Por su parte, la fauna no se ha enriquecido con nuevos ejemplares, antes al contrario, desaparecieron muchos de los antiguos, por ejemplo, los grandes mamíferos herbívoros que todavía existían en los primeros tiempos de la aparición del hombre sobre la tierra. La vida animal de los mares no varió mucho, puesto que los cambios en ellos sufridos no fueron de importancia.

Minerales: manera de presentarse en la naturaleza.—Por *míneral*, en el sentido más amplio de la palabra, ha de entenderse toda substancia útil al hombre, extraída del seno de la tierra; pero en un sentido más restringido, en el sentido que vulgarmente se le da, se consideran como minerales aquellas substancias que contienen, ya libre, ya combinado, alguno de los elementos tenidos usualmente como metales.

De gran utilidad sería que se modificara esta idea equivocada que de los minerales se tiene, puesto que puede hacer despreciar substancias que no por estar exentas de los metales vulgares dejan de tener un subidísimo valor. Los yacimientos de fosfatos, de azufre, de nitratos, de sal gema (ó sales alcalinas en general), son ejemplos evidentes de ello; conocidos son de sobra los vastos capitales que en su explotación están empleados, y los pingües rendimientos que producen. Sería falta grave el que aquí no se tratara también de ellos, y por lo tanto á ellos haremos de vez en cuando referencia, si bien en las proporciones que estas líneas, sin perder su carácter práctico, nos permitan.

Los minerales suelen presentarse en la naturaleza formando parte de grandes masas de consistencia pétrea y de composición más ó menos compleja, constituyendo á veces porciones considerables de la costra terrestre. No ha de creerse, sin embargo, que se encuentren formando estas masas por sí solos, sino que lo más corriente es que estén mezclados, á veces muy íntimamente, con otras substancias de diferente naturaleza que reciben el nombre de *ganga*.

Al conjunto de ganga y mineral, esto es, al mineral tal como se nos presenta al salir de la mina, le llamaremos *mena*. Esta mena no es inmediatamente utilizable para ser sometida al tratamiento metalúrgico que su naturaleza requiera, sino que ha de sufrir, por lo general, una manipulación preliminar que elimine, en lo posible, la ganga para que no se encarezca ó complique el citado tratamiento metalúrgico. La serie de operaciones que constituyen esta manipulación preliminar es lo que se conoce con el nombre de *preparación mecánica de las menas*, ó también con el de *concentración de minerales*, por cuanto, en realidad, no es más que una concentración de substancia útil lo que con ella se quiere alcanzar.

Yacimientos ó criaderos.—Si tomamos á la palabra mineral en la más general de las dos definiciones que de él hemos dado, deberemos considerar al globo terrestre como un conjunto de yacimientos minerales; pero para los efectos de la explotación minera sólo podemos considerar como yacimiento ó criadero, al sitio ó lugar en que hay minerales que por su explotación pueden prestar utilidad al hombre. De esta definición y de las nociones de geogenia, que al principio hemos asentado, puede deducirse ya que los yacimientos vienen constituídos ora por los mismos bancos ó sedimentaciones, ora por alguna de las substancias que anormalmente se solidificaron en la costra terrestre. De manera que si durante la sedimentación de un terreno geológico ha venido depositándose un espesor más ó menos considerable de materias minerales, se habrá producido un yacimiento de *formación contemporánea con la del terreno* que le sustenta; pero cuando después de formado un terreno se han producido en él dislocaciones y grietas por alguna de las múltiples causas que pueden engendrarlas, y luego estas grietas se han rellenado de materias minerales, se trata de *yacimientos de formación posterior á la del terreno* en que están enclavados.

Yacimientos de formación contemporánea con la de terreno en que están enclavados.—Por lo general, son de grandes di-

mensiones, y según las circunstancias que presidieron en su formación los dividiremos en tres clases. Así distinguiremos las *capas* ó *bancos*, que no son más que sedimentaciones producidas en el seno de las aguas; los *criaderos aluvionanos* ó *detríticos*, llamados también *placeros*, que son hacinamientos de materiales que por el trabajo mecánico de la erosión del agua, y del aire, se han reunido en determinado lugar, que á veces comprende grande extensión, y los *yacimientos superficiales* que actualmente están formándose, ó que están formados desde hace pocos siglos.

Cuando las capas ó bancos son muy extensos en longitud y anchura, y de una forma relativamente aplanada, reciben propiamente el nombre de *bancos*; presentarán, pues, los bancos gran analogía con los terrenos geológicos, aunque su origen puede sólo ser debido á una sedimentación accidental que alcance poco radio, y sólo un estudio muy detenido de su naturaleza comparada con la de los terrenos vecinos nos diferenciará unos de otros.

Cuando los bancos son de espesor muy considerable, pero de longitud y anchura relativamente pequeños, reciben el nombre particular de *masas echadas*, y tendrán, consiguientemente, los mismos caracteres de los bancos, si bien á menudo no son en realidad una sola masa en todo su espesor, sino que están divididos en *lechos* ó pequeños bancos paralelos á las capas del terreno. Dada la manera de ser especial de las masas echadas, subdivididas ó no en lechos, es natural que las capas del terreno que las rodea no podrán conservar el paralelismo que las caracteriza, sino que deberán desviarse para contornearlas, tomando luego la misma disposición primitiva.

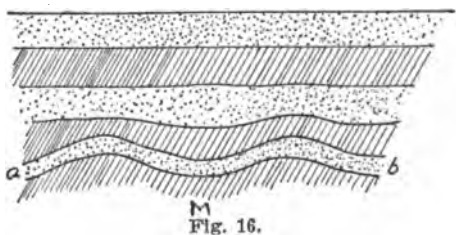
Por fin, cuando en los bancos, á más de un gran espesor acompaña una longitud y anchura considerables, los yacimientos pueden constituir *montañas enteras* y hasta ser considerados como verdaderos terrenos en las comarcas en que están situados.

Bancos.—La génesis de los bancos supone ya una posición

sensiblemente horizontal, pues las sedimentaciones efectuadas en el seno de las aguas producirán un levantamiento uniforme del fondo de la concavidad en que estén aprisionadas; levantamiento horizontal que persistirá aun cuando el fondo hubiese sido ligeramente accidentado, pues el continuado movimiento de la masa líquida tiende á rellenar las hondonadas con parte de las materias arrancadas de las lomas.

Natural es, no obstante, que si tan desigual es el suelo, que haya, por ejemplo, partes de él que emerjan de la masa líquida, no podrá haber en esas lomas ó *sillas* precipitación ninguna, y, por lo tanto, al propio tiempo que una como falta de continuidad del banco, producirán la desaparición de la horizontalidad á que antes nos referíamos, si bien es de importancia observar que estas anormalidades se presentarán regularmente en extensiones pequeñas, y que en la que podríamos considerar como totalidad del banco se nos evidenciarán los caracteres generales pertenecientes á esta clase de yacimientos.

Otras causas hay que también pueden modificar la característica horizontalidad de los bancos, siendo relativamente frecuente la que tiene por origen el levantamiento del fondo durante la sedimentación. Y, en efecto, se comprende que si durante el aposamiento de la capa *a b* sobre el suelo *M* (fig. 16, este suelo sufre un movimiento que destruye la horizontalidad de que primitivamente estaba dotado, la sedimentación de la capa *a b* continuará con relativo



paralelismo con respecto al suelo *M* dentro de la tendencia general á la horizontalidad; y al venir luego, ya detenido el movimiento del fondo, á sedimentarse otras capas sobre éstas, se rellenarán los huecos y se restablecerá la horizontalidad en el fondo del lago ó mar.

Antes hemos hecho mención de una causa que daba lugar á falta de continuidad en el banco, por ausencia de materia precipitada sobre el suelo; pero la falta de materia depositada sobre determinado punto puede también obedecer á una destrucción de la misma por la acción de agentes mecánicos ó químicos. Si un fondo de mar ó lago en que se ha verificado la sedimentación con las necesarias condiciones para que presentase la característica horizontalidad, se levanta y llega hasta sobresalir de la superficie, se encontrará en contacto con los agentes atmosféricos, mucho más enérgicos en edades anteriores, y con la acción erosiva de las aguas superficiales que, según sea la naturaleza ó el estado de agregación de la materia aposada, puede ser de rápidos efectos, y se producirá, en último resultado, su destrucción total ó parcial. Si la erosión es total (fig. 17), tendremos una repetición de las condiciones de discontinuidad de que antes se ha hecho mención, si bien,

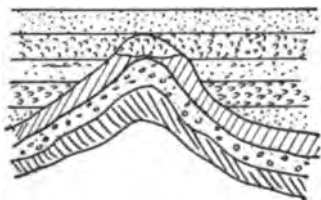


Fig. 17

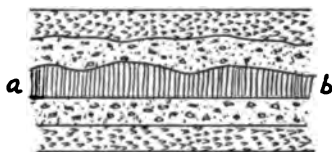


Fig. 18.

como se ve, por causa distinta; y si es sólo parcial puede el banco presentarse con las desigualdades indicadas en la fig. 18 en que se observa que, al contrario de lo que se verifica usualmente, la capa *a b* tiene el asiento horizontal y el techo desnivelado.

Los bancos, ó mejor, los terrenos geológicos, y así comprenderemos á unos y á otros, pueden, después de formados, sufrir tales accidentes que quede uno perplejo al querer descifrar el proceso geológico en una determinada comarca. Presentaremos aquí unos ejemplos sencillos, pues no es éste un tratado de Geología, para que al encontrarse el prospector en

presencia de anomalías, pueda razonablemente analizar y obrar en consecuencia.

Las condiciones de aprisionamiento en que quedaron las masas ígneas en el interior de la corteza terrestre, así como las dislocaciones que ésta en ocasiones ha sufrido por la falta de apoyo inferior, debido casi siempre á erosiones subterráneas producidas por la acción de las aguas, á veces altamente mineralizadas y muy frecuentemente termales, dieron lugar á movimientos más ó menos intensos de los estratos terrestres, que en último resultado se han traducido en poderosos esfuerzos de tracción ó de compresión que han originado simples pliegues ó curvamientos si el terreno era blando, ó verdaderas roturas si el terreno no tuvo la suficiente plasticidad.

Si, por el momento, nos fijamos sólo en los primeros, veremos que, en ocasiones, pueden llegar á tomar posición tal que se invierta hasta el orden geológico de sustentación de las capas.

La fig. 19, que si ya no es clásica merece serlo por la claridad con que da idea de estos fenómenos, nos representa un terreno plástico que estuvo sometido á un extraordinario esfuerzo de compresión lateral, por el cual han llegado á disponerse los estratos en la forma que nos manifiesta; y se ve en ella, sin

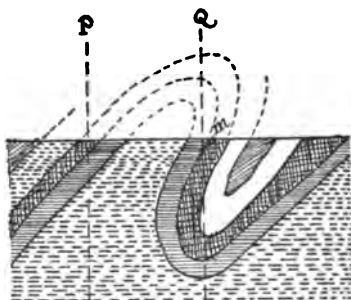


Fig. 19.

más que fijar ligeramente la atención, que quien profundice por Q encontrará las capas en posición inversa de aquella en que las hubiese encontrado al profundizar en P, que es la natural y verdadera; y si suponemos que un prospector al descubrir la capa m, que supondremos por un momento contiene minerales de suficiente riqueza, se decide á sondear en Q para enterarse de la importancia del yacimiento que ha descubierto, encontrará á mayor profundidad una capa igual,

que él creará distinta, cuando en realidad es la misma que antes ya había atravesado.

De manera que, y valga ya desde ahora la advertencia, á no ser que estudie con el debido detenimiento el terreno en que está enclavada la capa *m*, estudio que casi siempre le llevará al conocimiento de la primitiva posición de las capas, puede hacerse las cuentas muy galanas, y aconsejar una explotación de grandes vuelos, para luego, al poco tiempo de empezados los trabajos, caer en la cuenta de que era una sola la capa que allí había.

Nomenclatura.—Pero, antes de pasar adelante, procuremos familiarizarnos con el tecnicismo geológico para facilitar la exposición de los fenómenos que nos falta reseñar y para que sea más sencilla su comprensión.

Hemos considerado á los bancos como limitados por dos planos ó, más exactamente, por dos superficies sensiblemente paralelas; á estas dos superficies se las designa con el nombre común de paredes ó caras del banco, y particularmente con los de *piso*, *muro* ó *yacente*, la inferior, y *techo* ó *pendiente*, la superior. Á la distancia que media entre ambas caras ó paredes del banco se le denomina *espesor* ó *potencia*.

De manera que la posición de un banco no trastornado por causas posteriores á su formación, quedará perfectamente determinada si señalamos sobre el plano ó mapa su longitud, su anchura, la profundidad á que se encuentran sus caras y la distancia que entre estas caras media. Natural es que los dos primeros datos tendrán que venir referidos á la línea *N.S.* magnética ó geográfica, si bien es la primera la que más se emplea.

Pero hemos también dicho antes que por causas fortuitas podían perder los bancos su horizontalidad y tomar todas las inclinaciones imaginables, no sólo dentro del cuadrante comprendido entre los 0 y 90°, sino que, rebasando la vertical, podían presentar como techo el piso, y como piso el techo. No bastarán, por lo tanto, en este caso, las indicaciones anteriores,

sino que será necesario aportar otros elementos para fijar con exactitud la posición del yacimiento. Uno de ellos es el buzamiento ó inclinación que el banco guarda con la horizontal, y el otro es la dirección, que no es más que la intersección del banco con el plano del suelo. Pero como que esta intersección no es una recta sino una curva, que nos pone de manifiesto las diversas sinuosidades que los movimientos terrestres imprimieron al banco antes ó después de su separación de la horizontalidad, prácticamente se toma como á tal la recta que viene á coincidir con la alineación general de la curva dicha, que aproximadamente, en la mayoría de casos, viene á ser la que une los extremos, ó dos puntos muy distanciados, de ella.

Vemos, pues, que la *dirección* *A B* ó *hilo* del banco no es más que la intersección de los planos, el del banco y el horizontal que pasa por el punto considerado, y que la *inclinación*

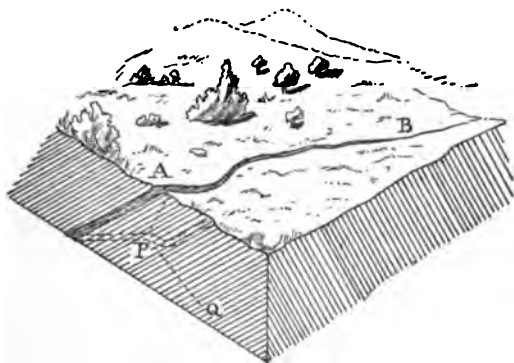


Fig. 20.

es el ángulo *APQ* que la línea *AP* de máxima pendiente forma con su propia proyección horizontal *PQ* (fig. 20).

La manera de representar gráficamente con estos datos la posición de un banco viene indicada en las figs. 21 y 22, en las que las líneas gruesas representan la proyección horizontal del hilo de un banco, que desvía 20° de la línea *N.S.* magnética, y que forma, con el plano horizontal, un ángulo de

68° buzando en el sentido señalado por la punta de la flecha.

Tanto la dirección como la inclinación se miden con la brújula de geólogo; pero si se quisiesen tener estos datos con

gran exactitud, sería preciso recurrir á los aparatos de topografía.

Continuemos ahora describiendo algunas otras causas de dislocación de los bancos, que es de importancia conocer para los efectos de la explotación minera.

Cuando un terreno no plástico se levanta por efecto de esfuerzos interiores, llega un momento en que no puede resistir los esfuerzos de tracción á

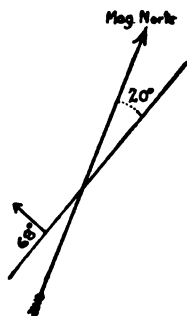


Fig. 21.

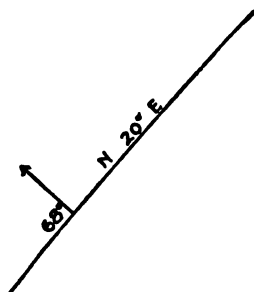


Fig. 22.

que se encuentra sometida su masa; por otra parte, la contracción á que á veces se encuentran obligados ciertos terrenos que se enfrían ó se secan, determina en ellos también esfuerzos de tracción que pueden no ser resistidos. En ambos casos, llegado el momento de la rotura, la masa se hiende por diversos sitios que guardan entre sí cierto paralelismo, determinándose un sistema de grietas cuyas paredes ó caras pueden estar más ó menos separadas una de otra.

Después, obedeciendo á las leyes gravitatorias, las masas insuficientemente apoyadas descienden resbalando unas sobre otras, y la superficie queda, por lo tanto, alcanzado el equilibrio final, con un perfil distinto del primitivo, y, además, desnivelados los distintos bancos ó terrenos que antes formaban la sedimentación general (fig. 23).

En otras ocasiones, estas interrupciones más ó menos repeti-

das de los estratos se forman aunque los terrenos sean plásticos: y en prueba de ello, la fig. 24 nos muestra un terreno que, por estar insuficientemente apoyado ó por sufrir violentos esfuerzos, va descendiendo por su parte *M* (fig. 25) y llega á tomar la forma de la fig. 26, en que las capas han quedado completamente separadas y con un desnivel más á menos importante según la persistencia é intensidad de los esfuerzos generadores.



Fig. 23.

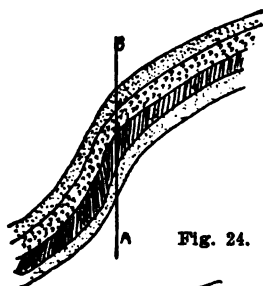


Fig. 24.

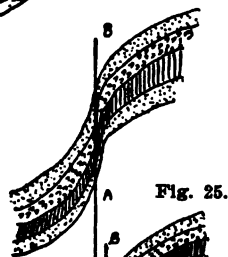


Fig. 25.

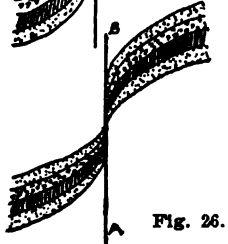


Fig. 26.

Son á veces tan grandes estos saltos que presentan los terrenos, que llegan á alcanzar hasta centenares de metros, y si analizamos bien las condiciones de situación respectiva en que han quedado, la estratificación que ha permanecido inmóvil ó relativamente fija, y la que ha sufrido más intensamente la causa dinámica que la ha hecho variar de posición, encontraremos que la traslación no se ha efectuado sólo en el sentido de la línea de máxima pendiente de las paredes de la grieta, sino que, además de este movimiento en sentido que podríamos llamar vertical, ha habido un transporte general en sentido horizontal, de manera que, combinados ambos movimientos nos suponen la existencia de un movimiento giratorio de la masa que ha caído, alrededor de un eje más ó menos lejano de la superficie. Y si en ocasiones no podemos darnos cuenta de

este giro por la posición de las capas, que nosotros vemos perfectamente paralelas entre sí, no deduciremos que el giro no tuvo lugar, sino que el eje estaba sumamente lejano.

Placeres.—La naturaleza de las materias de que están compuestos algunos yacimientos, les hacen muy atacables ó corrosibles ya por los agentes atmosféricos ya por las aguas superficiales, de manera que van lentamente disgregándose, y los detritus producidos son arrastrados por los vientos y aguas á lugares más ó menos distantes del sitio de que han sido arrancados, donde quedan depositados, ocupando extensiones de terreno á veces considerables. Otras veces los detritus, sin ser arrastrados, quedan en el mismo yacimiento, formando sobre él una capa que, en ocasiones, puede alcanzar gran espesor.

Tanto en uno como en otro caso, los materiales disgregados forman ya una masa de partículas sueltas de tamaños variados, mezclados con trozos de rocas, arenas, margas, arcillas, etc., ya una como roca sumamente quebradiza, ya una roca de gran dureza por la trabazón que alguno de los componentes puede dar al conjunto al actuar como cemento que los una ó aprisione.

Se comprende que esta clase de yacimientos que son los que antes hemos denominado yacimientos detríticos, placeres ó aluviones, se han de encontrar preferentemente en las laderas de las montañas, en el fondo de los valles ó en los lechos de los ríos, por efecto de las leyes gravitatorias que tienden á arrastrar todo material pesado hacia las partes más bajas, constituyendo allí verdaderos terrenos de sedimentación aunque los materiales que los forman pueden proceder de muy distinto origen, es decir, pueden ó no ser de procedencia sedimentaria. En esta forma se presentan los más importantes criaderos auríferos, platiníferos y diamantíferos, y algunos de los de estaño y hierro. Como curiosidad, citaremos los auríferos de California, que ocupan una extensión de unos 50,000 kilómetros cuadrados.

Yacimientos superficiales.—Los yacimientos superficiales son bancos actualmente en formación, originados por depósitos irregulares que van rellenando los huecos y concavidades que presenta el terreno. Ejemplo bien patente de ello son las turberas, cuyo origen es debido á la alteración química espontánea de plantas herbáceas terrestres y acuáticas que se acumulan en lugares pantanosos ó muy húmedos; pero que faltando las condiciones de medio á propósito, no llegan á carbonizarse por completo como sucedió con las hullas, y nos dan sólo combustibles deficientes por la gran cantidad de materias orgánicas vegetales que contienen.

Yacimientos de formación posterior á la del terreno en que están enclavados.—Hemos visto anteriormente que cuando los terrenos se encuentran sometidos á poderosos esfuerzos de compresión ó de tracción, se inician grietas, á veces de regular consideración por la distancia que separan las paredes de dichas grietas, ó por la extensión de terreno que interesan. Cuando estas grietas han sido de poca abertura, ó bien por movimientos posteriores del terreno se han juntado nuevamente las paredes, y por lo tanto, las partes separadas del terreno han vuelto á ponerse en contacto, constituyen propiamente un *salto ó resbalmiento* (fig. 27); pero cuando entre las paredes de la grieta ha quedado un espacio cualquiera vacío, se denomina *falla ó soplado*.

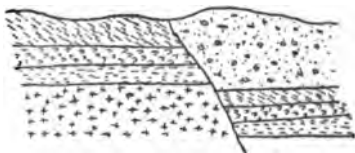


Fig. 27.

Cuando este espacio no ha quedado vacío, sino que se ha rellenado con algún material, se denomina: *filón*, si el material procedía del interior del globo y era metalífero; *tifón*, si los materiales, aunque también de origen ígneo, no son metalíferos, y simplemente *dique*, si los materiales de relleno procedían de los mismos terrenos dislocados.

Dada la génesis de los filones, natural es que se presentarán como yacimientos de forma bastante aplanada, por el espesor

casi siempre muy pequeño que tienen y por la gran longitud y profundidad á que alcanzan.

Puede decirse, de un modo general, que, salvo raras excepciones, se presentan siempre atravesando los terrenos con gran inclinación, y suelen disminuir de potencia á medida

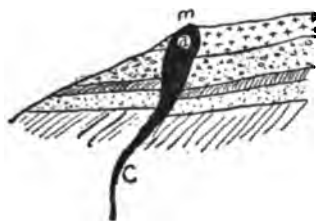


Fig. 28.

que se va profundizando en el suelo, hasta terminar en forma de cuña y desaparecer (fig. 28).

Esta parte *c*, más profunda, es la *cola* del filón, mientras que la parte *d*, más próxima á la superficie, es la *cabeza*, que en el caso particular de ser el filón de material más duro ó menos altera-

ble que los terrenos atravesados, puede llegar á quedar al descubierto en la superficie formando la *floración*, *afloramiento* ó *crestón m* del filón.

Por analogía, se aplica también el nombre de afloramiento á las partes de los bancos que, por causas fortuitas hayan venido á ponerse al descubierto, á aflorar en la superficie; así como en los filones, se aplican las denominaciones de techo ó pendiente, y piso, muro ó yacente, á los dos planos entre que se le supone comprendido; y el de potencia á la distancia que media entre ambos planos.

Las caras ó paredes de la roca en que está encajado el filón reciben el nombre común de *hastiales* ó *respaldos*, que no suelen verdaderamente estar en contacto directo con la masa filoniana, sino que entre filón y caja se encuentran las *salbandas*, que, generalmente, están constituidas por materiales arcillosos ó detríticos de distinta naturaleza que la masa del filón.

Las condiciones de un filón se determinan, análogamente á lo indicado al tratar de los bancos, por su dirección, inclinación y potencia. La línea de intersección de un plano horizontal con otro paralelo á las paredes del filón, es la línea de

la dirección del filón, la cual se mide por el ángulo que forma con el meridiano geográfico ó magnético en aquel lugar, y la inclinación es el ángulo de estos dos mismos planos.

También aquí la línea de dirección de los filones ó de las grietas que los arman no siempre es recta, sino que puede presentar desviaciones notables que á veces no son debidas precisamente á irregularidades de la grieta primitiva, sino á causas posteriores á la época en que se efectuó el relleno. Por su parte, cosa parecida sucede con el buzamiento, que en algunos casos puede llegar á variar de tal modo, que se invierta la inclinación del filón.

En cuanto á la potencia, desde la que sólo alcanza algunos milímetros hasta la que presentan algunos filones de 40, 50 y 100 metros, hay todos los espesores comprendidos, si bien estas potencias grandes no suelen ser frecuentes, siendo las de un metro, y hasta menos, y bastante ventajosas en todos los métodos de beneficio.

Si variables son las condiciones que nos diferencian unos filones de otros, también dentro de un mismo filón hay notables variaciones; ora se presentan constituyendo una lámina de potencia sensiblemente constante, ora forman extrangulamientos, ora rehenchimientos. En el segundo caso, es decir, cuando las paredes de un filón tienden á acercarse, y, por lo tanto, á disminuir su potencia, se dice que el filón *se cierra*, y cuando, por el contrario, las paredes tienden á separarse, y, por lo tanto, á aumentar la potencia, se dice que el filón *se abre*; y si llega á desaparecer del todo, se dice que el filón *se pierde*, ó *se corta*, según que desaparezca paulatinamente por disminución de potencia, ó que desaparezca de improviso por alguna falla ó salto que presente el terreno.

La sucesión cercana de aumentos y disminuciones de potencia nos da la forma de *rosarios*, constituídos por número variable de *cuentas* ó *lentejas*.

No siempre los filones que se pierden llegan á desaparecer del todo, sino que, fijándose bien en el terreno, se puede obser-

var que continúan en un hilo muy delgado que permite seguir al filón y encontrarle á cierta distancia, y, si realmente llega á perderse hasta esta somera guía, suele encontrarse de nuevo á no muy considerable distancia en forma de pequeñas venas desparramadas, que van engrosándose y unificándose hasta reaparecer el filón en las mismas condiciones de antes.

Relación de los filones entre sí y con los terrenos que los arman.—Es caso muy raro que en una comarca exista un solo filón ó sólo filones de la misma naturaleza. Lo más común es que en un terreno no se haya producido una sola grieta, sino que ya hemos visto que se producían un sin fin de ellas próximamente paralelas entre sí, y que si luego, por unas ú otras causas, se ponían en contacto con materias de relleno, es natural que todas, ó casi todas, se llenasen con la misma substancia.

Por otra parte, un terreno así resquebrajado tiene que presentar indudablemente poca resistencia á los esfuerzos á que posteriormente se haya visto sometido por los fenómenos geológicos, y, por lo tanto, no es de extrañar que si se ha encontrado en tales circunstancias, se ha agrietado nuevamente, ya en la misma dirección primitiva, ya en otra cualquiera, abriéndose un nuevo sistema de grietas que puede más adelante ser ó no ser invadido por materias extrañas, generalmente de distinta naturaleza de la que llenó el primer sistema de grietas, y así sucesivamente. Pueden citarse ejemplos de *sistemas filonianos* de importancia; así han llegado á encontrarse hasta unos 900 filones en la zona minera de Freiberg; y en España, en Linares, hay ocho sistemas distintos; en Mazarrón, cuatro, y en Hiendelaencina, también cuatro.

Dedúcese de todo ello el fundamento que tiene la regla de que *en una misma comarca los filones de igual naturaleza sigan direcciones aproximadamente paralelas entre sí*, constituyendo un sistema, y que los de naturaleza distinta de ésta sigan otras direcciones, constituyendo otros tantos sistemas filonianos.

Es muy corriente que los filones de distinto sistema se

encuentren, ya en el sentido de su dirección, ya en el de la inclinación, y entonces puede suceder ya que el filón más antiguo desaparezca completamente en un gran trecho, ya que se unan ambos, y así unidos continúen un trecho largo ó no (fig. 29), constituyendo las *fallas simuladas*, ya que simple-

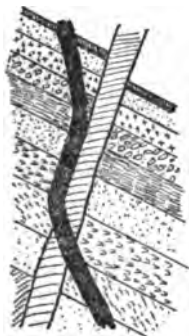


Fig. 29.

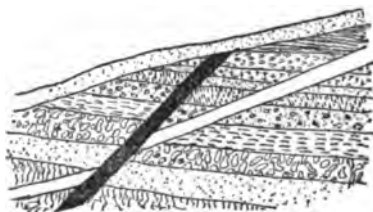


Fig. 30.

mente se crucen, en cuyo caso el filón cruzante continúa su marcha á través del cruzado (fig. 30), generalmente sin modificar su ruta, y que el filón cruzado quede dividido en dos partes, que muchas veces quedan á nivel distinto formando un salto que puede medir hasta centenares de metros.

Cuando dos filones se cruzan ó unen suele haber aumento de riqueza, *ennoblecimiento*, en las proximidades del punto de reunión, si ambos filones son metalíferos; pero si uno de ellos es estéril, por lo general hay *empobrecimiento*.

Ya se ha dicho, anteriormente, que una de las características de los filones es la de cortar con cierta inclinación á las capas de los terrenos atravesados. Pero la circunstancia de que algunos filones están dispuestos con cierto paralelismo á dichos terrenos, podría sugerir la duda de si deben considerarse como filones ó como bancos, y para solucionarla no queda otro medio que efectuar un estudio detenido de la composición

y estructura del filón y del terreno, y con seguridad que no será difícil reconocer si son ó no de formación posterior á la del terreno, y, por tanto, de si deben ser clasificados como filones ó como bancos; y si pudiésemos seguir un trecho algo importante á este filón veríamos que á cierta distancia se introduce bruscamente en los terrenos vecinos, cortándolos con inclinación más ó menos pronunciada.



Fig. 31.

Cuando los terrenos entre que está armado el filón son pertenecientes á una misma formación sedimentaria, el filón recibe el nombre de *filón capa* (fig. 31), pero cuando dichos terrenos corresponden á formaciones diferentes, sean ó no sedimentarios, entonces se le llama *filón de contacto* (fig. 32). Cuando un filón se presenta como filón capa en trechos sucesivos, se le califica de *filón en escalera* (fig. 33).

Los filones se dividen á veces en ramas, en varios otros filones de menor importancia. Cuando estas ramas, después de haber permanecido separadas de la rama principal durante cierto trecho, vuelven á reunirse con ella, se las llama *ramas conjuntivas ó arqueadas*; pero, lo más corriente es que las ramas separadas de un filón vayan á perderse á poca distancia de él (*ramas disyuntivas*), reduciéndose á pequeñas venas, ó venillas sobre todo si se trata de alguna de esas comarcas mineras tan trastornadas en que las ramificaciones son numerosas.



Fig. 32.

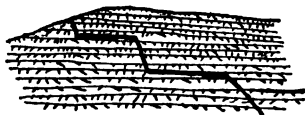


Fig. 33.

Cuando los yacimientos son de forma irregular, y en ocasiones de extensión igual en todos sentidos, con gran número de pequeños filones metalíferos diseminados en todas direcciones, cruzándose y entrelazándose en un espacio de poca consideración, reciben el nombre de *masas entrelazadas ó stockwerks* (fig. 34). Á menudo estos yaci-

mientos son cruzados integralmente por filones de naturaleza diferente y de formación evidentemente posterior á la del stockwerk.

La explotación ó beneficio de los stockwerks suele ser muy onerosa, pues para el aprovechamiento de la mena es necesario disgregar toda la roca ó masa.

Teorías sobre la formación de los filones.—Es difícil poder atribuir á una sola causa la formación de los filones; parece ser que las acciones ígneas y las hidroquímicas son las que más in-

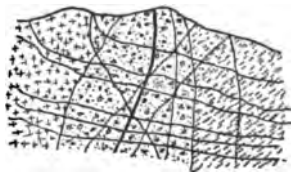


Fig. 34.

tervinieron en ella, de manera que se consideran hasta tres modos distintos de rellenarse las grietas que el terreno presentaba, como consecuencia de dislocaciones ó trastornos anteriores, que es lo más general. En ocasiones muy contadas, el relleno fué simultáneo con la formación de la grieta.

De tres maneras puede haberse rellenado el filón: por inyección, por concreción, ó por sublimación. Debe entenderse, por lo tanto, que las tres teorías que á continuación exponemos, no son teorías distintas sobre un mismo fenómeno, sino tres distintos fenómenos explicados cada uno por su teoría propia.

Á los filones rellenos *por inyección* se les supone un origen eruptivo, y se cree que la masa líquida del interior del globo que se encuentra sometida á enormísimas presiones, al estar accidentalmente en comunicación con algunas grietas abiertas en la corteza terrestre, se introdujo por ellas y hasta en algunos puntos pudo derramarse por la superficie después de haberlas completamente llenado. Estos filones casi nunca son metalizados, sino que preferentemente se han formado así los filones estériles ó tifones, que en consonancia con su origen se presentan constituyendo una masa pétrea homogénea, salvo las cristalizaciones que se hayan podido producir por determinadas acciones, y de volumen relativamente grande cerca de la

superficie sobre la cual á menudo ha desbordado la materia ígnea.

La acción inyectiva ha influído principalmente en los puntos más próximos al eje del antiguo ó actual levantamiento que las grietas suponen y en que, por ser éstas de mayores dimensiones, más intensidad han podido permitir al fenómeno de inyección. Pero en puntos lejanos á este radio de máximo efecto en que las comunicaciones subterráneas, por la menor energía del fenómeno que causó la fisuración, son menos fáciles á los materiales líquidos ó pastosos por su relativa estrechez, pero todavía fácilmente permeables á los gases, mezclados ó no con vapor de agua, las grietas se han llenado de estos gases y se ha verificado un fenómeno de *sublimación*, que por enfriamiento ha depositado en las paredes de la grieta las sustancias que los componían en orden sucesivo de menor á mayor volatilidad, y, por lo tanto, presentando una estructura simétrica á partir de las paredes hacia el centro en el que todavía hoy se encuentran, á veces, sustancias, líquidas ó gaseosas, y otras veces formando simplemente *drusas* ó *geodas*, que son huecos cuyas paredes están cubiertas de cristalizaciones de la materia constitutiva del filón en aquel lugar. Estas *drusas*, ordinariamente, no se encuentran ya á más de 200 metros de profundidad.

Por fin, las grietas llenadas por *concreción*, que son las que constituyen la casi generalidad de los filones propiamente dichos ó filones metalíferos, se supone que fueron invadidas por las aguas mineralizadas cuya elevada temperatura, unida á la gran presión que soportaban, les daban un poder disolvente enorme. El cambio de temperatura que les suponía el contacto de partes del globo terrestre más frías, y la disminución simultánea de presión y temperatura que la expansión les ocasionaba, dieron lugar á que las sustancias disueltas quedasen libres y fuesen depositándose en las paredes á medida que abandonaban el vehículo que hasta allí las había conducido. Por lo tanto, también estos filones nos presentarán estructura

simétrica á partir de las paredes, y también observaremos en algunos de ellos las acumulaciones de gases, líquidos ó materias sólidas puras ó casi puras y cristalizadas, que los fenómenos de relleno por sublimación nos habían explicado antes.

Composición de los filones y distribución del mineral en el filón.—La génesis de los filones metalíferos por concreción ó sublimación, explica perfectamente el que los minerales no se encuentren en los filones formando toda su masa, sino que estén mezclados con materias de naturaleza no metalífera (pétreas), que constituyen la ganga.

Las cantidades relativas de mineral y ganga son las que determinan la riqueza de los filones; así, cuando domina el mineral el filón es rico, y si domina la ganga el filón es pobre; y si no contiene ninguna substancia explotable el filón es estéril.

De todos modos, la riqueza de un yacimiento, en general, es concepto muy relativo, pues considerada en el sentido de beneficio ó ganancia reportada por dicho filón, dependerá de muy diversas circunstancias y principalmente del valor del mineral que contenga, de la cantidad de materia útil que el mineral lleve, de la facilidad de explotación que nos presente el yacimiento, tanto respecto al arranque como al transporte, de la sencillez del procedimiento metalúrgico, etc.

Las gangas de los minerales están regularmente compuestas de sílice (cuarzo, jaspe, ágata, etc.), cal carbonatada ó espática, fluoruro cálcico, sulfato bórico, etc., y, por lo general, no es de una sola clase en toda la extensión ni siquiera á veces en todo el espesor del filón, sino que varía de unos lugares á otros, si bien predominando siempre una clase de ganga sobre todas las demás. Sucede á veces, y tiene su explicación, que determinada clase de ganga predomina en todos los filones de igual naturaleza de una cuenca minera.

Al igual que las gangas, los minerales rara vez están solos en los filones, sino que van acompañados con otros minerales. Así, el estaño casi siempre se encuentra junto con el arsénico; el cobalto es casi constante junto al níquel y muy frecuente-

mente acompaña á la plata y al arsénico; el plomo, la plata, el cobre y el cinc se encuentran juntos casi siempre; el antimonio va con la plata, y las piritas, en general, se encuentran en todos los minerales.

En cuanto á la distribución de ganga y mineral en un filón, ya se presentan sin orden ni simetría alguna, ya se reparten en capas paralelas á las paredes del filón, con drusas en la parte central.

Esta simetría de los filones es, por lo regular, *sencilla*, pero en algunos casos presentan la *simetría múltiple*, que es debida á la reapertura de filones de simetría sencilla y relleno posterior, con formación de una nueva simetría sencilla sobre la existente primitivamente.

En el caso en que el mineral y ganga no presentan simetría alguna, por lo general, el mineral va completamente diseminado por entre la ganga, formando pequeñas venas de extensión á veces muy limitada; y otras veces se concentra el mineral en masas irregulares de volumen muy variable, repartidas sin orden en la ganga, en forma de *nidos* ó *riñones* cuya explotación es siempre difícil.

La riqueza del filón no suele ser uniforme en todo él. Á regiones ricas suceden á veces de improviso partes pobres, pudiendo citarse casos en que el empobrecimiento ha sido completo á sólo veinte metros de profundidad; y á regiones pobres pueden suceder otras ricas. En el primer caso, se dice que se presenta una *borrasca*, y en el segundo, que se aproxima una *bonanza*. Hay filones que presentan una serie indefinida de borascas y bonanzas.

En ocasiones, se encuentran en la masa del filón *caballos*, ó sean trozos de la roca de caja; si bien es de advertir que ciertos criaderos aprisionan en su masa rocas venidas de la superficie, que pudieran ser consideradas como *caballos* sin serlo propiamente.

Alteraciones superficiales de los yacimientos.—En la generalidad de los casos, los yacimientos en su región más próxima

á la superficie, tanto en el caso de aflorar como en el caso en que no queden al descubierto y en contacto de la atmósfera, presentan distinta composición de la que tienen en regiones más profundas, y hasta en ocasiones son de distinta naturaleza. Esto que de momento puede parecer una anomalía, tiene su explicación muy sencilla en la acción que los agentes atmosféricos y las aguas subterráneas correspondientes al *nivel hidrostático* * de la región en el caso de ser un yacimiento que aflore, y en la acción de dichas aguas subterráneas en el caso de no aflorar, puedan ejercer sobre el mineral. Existe, pues, una transformación continua de estas partes superficiales, pudiendo diferenciarse hasta cuatro zonas de distinta intensidad de alteración. Ante todo, á partir de la superficie, existe por lo general una capa de tierra vegetal que recubre al yacimiento. Sigue luego una capa superficial de oxidación, pues las aguas que hasta ella llegan procedentes de la superficie, llevan gran cantidad de oxígeno en disolución, caracterizable por la presencia, en los casos correspondientes, de óxido férrico, metales nativos, óxidos, carbonatos ó cloruros insolubles. Viene después una zona más importante de cementación ó descalcificación, en que se verifican reacciones químicas complejas, y en cuya base suele existir enriquecimiento por el descenso de sustancias disueltas á nivel superior. Y, por fin, la zona inalterada que está por debajo del nivel hidrostático del lugar cuyas aguas no circulan rápidamente y están, por lo general, desprovistas de elementos de enérgica acción química.

De manera que estas alteraciones superficiales pueden darnos, como último resultado, ya el cambio de composición química, ya enriquecimientos, ya empobrecimientos de la sustancia filoniana. Así, por ejemplo, los yacimientos de *minerales de hierro* presentan en la superficie una capa de hematites parda sobre la hematites roja; los yacimientos de piritas suelen ser de siderosa en la superficie, cuando el terreno es calizo;

* Nivel hidrostático es el nivel estable á que alcanza el agua de un pozo aún en las épocas de mayor sequía.

pero si el terreno es pizarroso no hay siderosa, sino que se encuentra hematites.

Los *minerales de cobre suelen ser carbonatos* (azurita ó malaquita) en el afloramiento, especialmente si el terreno es calizo, y también á veces cobre nativo ú óxido. Cerca del nivel hidrostático, en la zona de cementación, se encuentran á menudo juntos el cobre gris con la siderosa en el caso de ser un yacimiento de piritas de cobre y de hierro, antimoniosas ó arsenicales. El *manganeso* que suele presentarse en la naturaleza en forma de carbonatos ó silicatos, tiene los afloramientos de óxido. El *plomo* puede aflorar en forma de carbonato. El *cinc* nos muestra calamina, etc.

Como ejemplo de transformación absoluta de naturaleza, podrían citarse filones de galena que en la superficie lo son de cobre carbonatado.

LABORES PARA APRECIAR LA IMPORTANCIA DE UN YACIMIENTO

Conocido el lugar de un afloramiento ó aquel en que se supone la existencia de un determinado yacimiento, es necesario proceder á la apreciación de la importancia del descubrimiento hecho; y para ello no hay más recurso que desmontar parte del terreno para poner al descubierto la masa mineral, con el objeto de observar las condiciones en que se presenta, la cantidad de masa filoniana y la riqueza de esta masa filoniana en mineral propiamente dicho. Lo primero nos lo darán á conocer los trabajos de reconocimiento y apreciación que en este capítulo se van á describir; lo último sólo puede saberse mediante los ensayos químicos pertinentes á cada caso.

Los trabajos propios para la apreciación antes dicha serán necesariamente distintos, según sea la clase de criadero, esto es, según se trate de un banco ó de un filón, y también según aflore ó no.

Estudio de un afloramiento.—En el caso en que el yaci-

niento aflore, tendremos ya indicios suficientes para emprender trabajos de reconocimiento de verdadera importancia. Ante todo, ha de desbrozarse el terreno en el sentido de la dirección del filón para cerciorarnos de que realmente se prolonga hasta la distancia que hemos creído ver, sin discontinuidad ni accidentes que pudiesen acarrear la necesidad de aplicar métodos de beneficios excesivamente caros para que estuviese en condiciones de soportarlos la especie mineralógica en cuestión.

Tendremos, por lo tanto, muy en cuenta que, si el criadero es un banco, los cambios de dirección pueden predecirnos disminución de riqueza, y que las inclinaciones grandes también pueden ser causa de pobreza. Al propio tiempo deberemos observar si la riqueza en el nivel hidrostático corresponde con la del interior, y hasta si en éste se encuentra el mismo mineral ú otro distinto del que aquél nos ofrecía.

Si en vez de tratarse de un banco se tratara de un filón, observaremos también si hay manifestas señales de proceder el filón del relleno de una falla con descenso de uno de los hastiales, porque suelen ofrecernos enriquecimiento al pasar de unos á otros terrenos; y, sobre todo, observaremos las condiciones de resistencia del terreno correspondiente al techo del filón, porque si estuviese muy dislocado quizás nos obligaría á abandonar nuestros propósitos por las crecidos gastos que en la explotación se nos acarrearían, ya para sostenerlo, ya por la probable abundancia de aguas superficiales ó subterráneas que seguramente inundarían las labores.

La manera de proceder á este reconocimiento de la afloración es abriendo trincheras ó *calicatas*, según la dirección del filón, de unos 2 metros de profundidad y de 0 '70 metros de ancho en el fondo, con el talud conveniente para el sostenimiento natural de las paredes de las trinchera; pero si con esta profundidad no se obtuviesen datos suficientes, podrían profundizarse más tomando la precaución de dar al talud los perfiles que la construcción moderna recomienda, y de or-

ganizar el trabajo por bancos sucesivos ó sea forma de escalones, los cuales, á la par que permiten una mayor rapidez y economía en el trabajo, son mayor garantía para la seguridad personal de los obreros.

En ocasiones, estas trincheras se construyen transversales y sólo de distancia en distancia sobre la alineación del afloramiento, lo cual, como es de suponer, es una práctica viciosa por cuanto pueden pasar desapercibidas accidentaciones que pudiera ser necesario conocer.

Estudio de las partes profundas.—Si las trincheras profundas se considerasen todavía insuficientes y si el terreno no es llano, sino más ó menos accidentado, pueden perforarse galerías de reconocimiento que, penetrando por un punto convenientemente escogido en alguna ladera, siguiesen al criadero en una extensión más ó menos larga; pero como que en estas galerías la ventilación podría llegar á ser defectuosa, causando, por lo tanto, no sólo un trabajo poco higiénico y menos económico, sino también el amortiguamiento de la llama de las lámparas con que los mineros se alumbran durante su estancia en las excavaciones subterráneas, es práctica usual hacerlas comunicar de distancia en distancia con la superficie por medio de pozos de ventilación de escaso diámetro, con lo cual se establece una circulación natural de aire que renueva la atmósfera interior; si bien, en los casos en que esta ventilación natural no puede establecerse, que suelen ser aquellos en que se trata de bancos poco inclinados, ha de recurrirse necesariamente á medios artificiales de ventilación, ya sea con el auxilio de ventiladores impelentes, ya construyendo exteriormente y sobre los pozos de ventilación, chimeneas de tiro.

Los pozos de ventilación á que nos hemos referido pueden construirse de eje vertical, ó bien, si se trata de un criadero bastante próximo de la verticalidad y se desea además que los gastos de su perforación queden más ó menos compensados por la cantidad de materia útil que se arranque, se abren siguiendo la inclinación del filón, según su línea de máxima

pendiente. Por otra parte, estos pozos inclinados tienen la ventaja de ilustrarnos más en lo referente á la masa filoniana, porque pasan por el seno de la que existe en las partes superiores de la galería.

Por fin, en otras ocasiones no se construyen galerías, sino que se perforan directamente pozos según la línea de máxima pendiente del criadero, si bien en este caso precisará disponer de mecanismos para la extracción de los escombros y de las aguas filtradas ó subterráneas que se vayan alumbrando, pues no bastarán los simples esfuerzos del personal afecto á los trabajos.

Es práctica más corriente, aunque más cara, reconocer los criaderos muy inclinados y situados en comarcas montañosas, con lo cual ya se sobreentiende que se aplicará casi siempre que se trate de filones, por medio de galerías traviesas *A* (fig. 35), abiertas desde las laderas de las montañas. Estas galerías traviesas no son otra cosa que galerías que, partiendo de puntos relativamente bajos de la superficie, van á

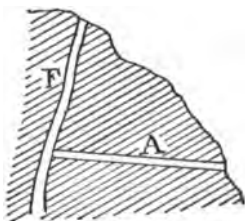


Fig. 35.

cortar casi normalmente al filón por su piso, en un punto que se procura sea lo más profundo posible dentro de la economía con que suelen efectuarse estos trabajos de apreciación. Tenemos así la ventaja, muy apreciable, de visitar el criadero en un punto á que no alcanza el nivel hidrostático de la región, y, por lo tanto, en sitio tal, que la muestra que en él tomemos nos dirá la naturaleza verdadera de la masa filoniana; pero como que en este punto lo mismo puede haber un ennoblecimiento que una borrasca, una potencia máxima ó una potencia mínima, se abren á partir de él, á derecha é izquierda galerías de reconocimiento según la dirección del filón.

Tienen, además, otra ventaja no menos de apreciar, que consiste en la estabilidad que ofrecen estas galerías traviesas como abiertas en un terreno firme cual suele ser el que

está situado en la región del piso del filón; conseguiremos, en consecuencia, una economía en lo que al sostenimiento se refiere, durante la perforación, y en la conservación de este sostenimiento durante la utilización de tal galería.

No dejaremos de observar que las galerías de toda clase, salvo casos especiales, se perforan en ligera cuesta para que las aguas que en mayor ó menor abundancia suelen alumbrarse, se escurran naturalmente hacia el exterior.

Por el contrario, si el criadero *F* es poco inclinado (fig. 36), las galerías traviesas *A* han de ser forzosamente poco económicas por la excesiva longitud que han de medir, si bien ha de advertirse que con el auxilio de los poderosos medios modernos de perforación, las longitudes que antes

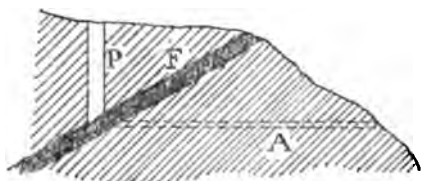


Fig. 36.

se consideraban como exageradas, hoy van siéndolo cada vez menos; tanto es así, que pueden hoy citarse galerías de extraordinaria longitud. De todas maneras, debe considerarse el pozo como la vía de reconocimiento peculiar de los criaderos de poca pendiente.

El pozo, si bien es la más cara de las excavaciones subterráneas, es también, salvo casos excepcionales en que se presenten circunstancias que lo impidan, la que más rápidamente nos lleva á mayor profundidad. Ha de tener casi siempre las paredes protegidas, tanto para evitar los derrumbamientos que ocasionarían indefectiblemente la muerte de los operarios que trabajan en el fondo, como también para evitar las filtraciones de aguas, aquí más frecuentes porque es mayor el número de capas cortadas, y, por lo tanto, más probable que alguna de ellas sea acuífera.

Tomaremos, pues, las precauciones pertinentes para que al verificar la extracción del agua por medio del torno ó mecanismo con que se efectúa la extracción de los escombros, no

pueda en ningún caso perjudicar á ésta, y, por consiguiente, instalaremos, si se cree que este caso ha de llegar, un aparato para el desagüe y otro para la extracción. También se estará prevenido en todo momento, pero principalmente siempre que se esté próximo á atravesar una capa acuífera, para elevar rápidamente los operarios hasta un nivel prudencial en que queden á salvo de una irrupción repentina de agua; como también para protegerlos en los momentos en que se da fuego á los barrenos, si es que éstos han debido emplearse en el trabajo de perforación.

El mecanismo de extracción puede ser un torno movido á brazo por uno ó dos braceros, si el pozo no ha de alcanzar profundidad mayor de unos 25 metros; pero, en caso contrario, han de emplearse instalaciones en que los operarios no se fatiguen en exceso, ya utilizando caballerías, ya energías mecánicas que variarán, como es de suponer, según los recursos que nos ofrezca el país en que se situó la boca del pozo ó la previsión del organizador de la expedición.

SONDEOS.

No hay duda que los trabajos subterráneos referidos hasta aquí resultan caros, y si á ello se añade que muchas veces no nos reportan otra utilidad que la de decidirnos á abandonar el criadero, se comprende que se haya pensado en otros medios de reconocimiento más económicos. Tales son, en general, los trabajos conocidos con el nombre de sondeos.

Se llama *sondeo* la perforación de un pozo mediante un instrumento especial llamado *sonda*, que se maniobra desde la superficie. Los pozos así perforados pueden tener diámetros comprendidos entre unos 8 ó 10 centímetros (y hasta menos) y 2 ó 2 $\frac{1}{2}$ metros. De todos modos, los sondeos que se verifican con miras al reconocimiento de un criadero, tienen casi siempre sólo pocos centímetros de diámetro.

Sondeos de mínima profundidad.—Las sondas varían según

sea la profundidad hasta que desee llegarse. Si ésta no pasa de unos 2 metros, consisten sencillamente en una barra de hierro de unos 3 centímetros de diámetro, terminada por un extremo en forma adecuada para facilitar el ataque de las piedras ó terrenos duros, y, por el otro, en una especie de *cuchara*. Este útil se maneja á mano, levantándolo y dejándolo caer sucesivamente de manera que golpee fuertemente el suelo por el extremo terminado en *trépano*, y de cuando en cuando se invierte para extraer con el extremo correspondiente á la cuchara la tierra y piedrecitas que se arrancan en la primera parte de la operación. Hay que advertir, no obstante, que si el terreno es relativamente blando puede emplearse directamente por el extremo terminado en cuchara, para lo cual no se procede por percusión, cual acabamos de decir, sino que simplemente se hace entrar á estilo de barrena mediante una enérgica presión ejercida por varios hombres, imprimiéndole al propio tiempo un movimiento de rotación.

En ocasiones, en vez de cuchara se utiliza una especie de hélice constituyendo la *sonda de cinta*, porque en los terrenos bastante blandos se introduce fácilmente por rotación, y luego mediante un movimiento brusco hacia afuera se arranca, quedando aprisionada entre las espiras una porción de tierra.

Sondeos de mediana y gran profundidad.—Los sondeos á mano no son muy comunes, pues las calicatas á que antes nos hemos referido informan mejor que los sondeos sobre las condiciones del criadero; los sondeos, salvo los del sistema de desgaste por medio del diamante, son siempre poco seguros en sus *indicaciones*, no nos manifiestan francamente el paso de uno á otro terreno, y ya se verá, por la rápida descripción que de los varios sistemas haremos, el porqué de esta inseguridad. Por lo general sólo se recurre al sondeo cuando se trata de perforaciones no menores de 5 metros.

La sonda, en este caso, consiste en un útil de trabajo cuyo mango se va prolongando por medio de barras especiales á medida que se alcanzan mayores profundidades.

Los útiles de trabajo son de varias clases; unos tienen por objeto atacar el suelo, otros limpiar de los escombros el orificio que se va obteniendo, y otros que se utilizan para salvar los accidentes que muy frecuentemente tienen lugar en estos trabajos.

Sondeo á mano.—El sondeo á la mano se emplea sólo para profundidades relativamente pequeñas, y se procede de la manera siguiente:

Sondeo con diamante.—Siendo el diamante el más duro de todos los cuerpos conocidos, se aplica felizmente en los sondeos, si bien ha de procederse precisamente por desgaste ó rotación.

El útil de ataque está constituido por un cilindro hueco de regular espesor, en cuya corona inferior van engastados varios diamantes negros formando uno ó más círculos concéntricos; de manera que á medida que la roca va siendo desgastada, penetra un cilindro macizo de ella por el interior del cilindro hueco, el cual puede desprenderse del fondo con sólo dar un brusco movimiento de giro hacia atrás, después de haber previamente levantado un poco la sonda para que no rocen los diamantes con el fondo. El cilindro muestra queda entonces alojado en una cámara interior que tiene el cilindro útil. Será posible, por lo tanto, tener una muestra exacta del terreno atravesado.

Las varillas han de ser huecas para que pueda efectuarse la inyección de agua como hemos indicado hace poco, la cual tiene por objeto mantener siempre limpio el fondo, para que los diamantes rocen constantemente con el fondo durante la rotación del aparato.

El avance del aparato será variable según sea la dureza de la roca que se perfora. Será, por consiguiente, necesario, dotar al aparato de un mecanismo que haga posible y fácil el cambio de la velocidad de avance. Esto se logra por medio de engranajes que actúan sobre un tornillo sin fin colocado en la cabeza de la sonda, ó bien por medio de la presión hidráulica.

En vez de coronas armadas de diamantes se emplean también coronas armadas de púas de acero.

Los métodos con circulación de agua suponen una impermeabilidad completa ó casi completa en toda la superficie interior del agujero de sonda; y, por lo tanto, se deberán tomar precauciones especiales en aquellos casos en que se tropiece con terrenos agrietados ó filtrantes por los cuales pudiera escurrirse el agua antes de llegar á la superficie. Para subsanar este percance se procede al entubado.

El entubado consiste en revestir las paredes del orificio con una serie de tubos metálicos para incomunicar absolutamente el agujero con los terrenos vecinos. Para ello, á medida que va adelantando la sonda va introduciéndose el entubado, lo cual puede lograrse de dos maneras: ya constituyendo un tubo cilíndrico en toda la profundidad del sondeo, ya disminuyendo de diámetro en cada una de las porciones de tubo introducidas. Lo primero se efectúa introduciendo á presión el primer trozo y cuando éste está próximo á desaparecer ya en el suelo, se le empalma otra porción de tubo de igual diámetro, y ahora, para continuar su introducción, se efectúa la presión en el extremo de este segundo tubo y así sucesivamente, de manera que el primer tubo introducido es el que al final va á constituir el trozo más profundo; y para lo segundo, se introduce primero el tubo de diámetro máximo, que quedará ya constantemente como porción superior del entubado, y luego otro de un diámetro ligeramente menor, para que pudiendo pasar por el interior del primero venga á situarse debajo de él, y así sucesivamente. Este segundo sistema de entubado, entubado telescópico, no es tan impermeable como el cilíndrico, por no lograrse una junta perfecta entre tubo y tubo, pero puede obtenerse una impermeabilidad suficiente mediante precauciones especiales.

Si la profundidad ó longitud de pozo que ha de protegerse con un tubo cilíndrico es muy grande, suele suceder que llega un momento en que éste no quiera introducirse más, expo-

niéndonos á achafarlo ó romperlo si aumentamos la presión ejercida en su extremo superior.

Entonces ha de disminuirse el diámetro del útil de ataque y revestir con otro tubo de diámetro también menor, que puede pasar por el interior de la primera sección de entubado.

En ocasiones puede suprimirse el entubado, aunque los terrenos sean acuíferos ó propensos á derrumbarse, y esto se ha de lograr á medida que se va profundizando. Así, por ejemplo, si observamos que el trépano ó corona de diamantes ó acero obra sobre un terreno desmoronadizo ó acuífero, introduciremos por el interior de las barras en vez de agua á presión, cemento bastante flúido en cantidad suficiente para llenar con él toda la altura correspondiente á la capa prejudicial, y tomando la precaución de levantar paulatinamente toda la sonda para que al fraguar la masa no quede aprisionada en ella; y en cuanto se ha solidificado, se ataca el cemento como si fuese una cualquier otra roca.

MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN

No podremos, cual fuera nuestro deseo, extendernos en la descripción de los diversos sistemas de beneficio de los yacimientos mineros, pues saldríamos excesivamente del cuadro que nos hemos marcado, y además es materia tan extensa hoy por el número, cada vez mayor, de estos métodos á que han obligado las múltiples circunstancias ó particularidades de cada filón ó banco, que se alargaría extraordinariamente la materia.

Preferimos, pues, dar una idea muy á la ligera de los métodos que podríamos llamar típicos, fundamentales, con lo cual adquirirá el lector nociones suficientes para discutir los distintos casos que en la realidad puedan ofrecérsele y para fiscalizar las decisiones adoptadas por el jefe técnico de la explotación, que es el que ha de escoger, y estudiar, y discutir el método que crea más conveniente para el mayor y más económico aprovechamiento de la materia útil del criadero.

Causas que influyen en la elección del método.—No cabe duda que los distintos caracteres de los yacimientos exigirán preceptos también distintos que nos conduzcan á un más rápido, más completo y más económico aprovechamiento de las riquezas naturales que encierran. La potencia, inclinación, solidez del terreno de caja y la del mineral, preponderancia de la ganga sobre el mineral ó, al contrario, de éste sobre aquélla, la carestía de los materiales de entibado y de ativado, cotización del mineral en el mercado y un sinnúmero de datos más, nos obligarán á usar determinados métodos ó á disponer otros que se adapten mejor al caso de explotación de que se trate.

Pero lo que mayor diferencia da á los métodos de explotación es la mayor ó menor proximidad de la masa mineral á la superficie del terreno. Por ello es que ante todo dividiremos en dos grupos las explotaciones mineras; esto es, explotaciones á cielo abierto y explotaciones subterráneas.

Explotaciones á cielo abierto.—El sistema de explotación á cielo abierto se emplea siempre que el yacimiento está sólo cubierto de una relativamente pequeña capa de tierra ó estéril. Es, en la generalidad de los casos, el más sencillo y económico de los métodos empleados, porque para su instalación no se necesitan los cuantiosos desembolsos que exigen las explotaciones subterráneas. Pero es natural que algo nos ha de marcar, cuándo nos convendrá emprender á cielo abierto y cuándo por trabajos subterráneos, la explotación de un criadero, y este algo es el precio ó coste del arranque del mineral, que es función, á su vez, de distintas consideraciones que han de pesarse muy mucho antes de emprender definitivamente los primeros trabajos, esto es, han de discutirse seriamente las ventajas é inconvenientes de cada sistema.

Ante todo, el beneficio al descubierto tiene la ventaja de eliminar considerablemente las causas que hacen difícil el trabajo, por ejemplo: la poca luz, el trabajo incómodo, el peli-gro constante, etc., y suprimir, en consecuencia, los gastos que

ello reporta, como son el de alumbrado, la ventilación, la fortificación, etc. Por otra parte, siendo la luz abundante, los primeros estríos, los que se hacen al pie de la cantera, son más completos y suprimen, por lo tanto, gastos inútiles de acarreo de estéril, y pérdidas, siempre sensibles, de materia útil que queda confundida con el estéril que se abandona en el interior mismo de la mina. También pueden producirse grandes voladuras, imposibles en las excavaciones subterráneas, el transporte es mucho más económico, etc., y finalmente, las condiciones en que el personal ejecuta el trabajo, es el de una absoluta higiene.

En cambio, tiene el inconveniente de obligar á la ocupación de la gran extensión de superficie que supone la excavación de las trincheras y á la de una superficie supletoria para el vaciado del estéril y de las tierras desmontadas hasta poner al descubierto el mineral contenido en el criadero, lo cual obliga á inmediatas bonificaciones por los perjuicios ocasionados á los terratenientes.

En realidad de verdad, pocos son los modos distintos de realizar la explotación á cielo abierto, y nosotros sólo detallaremos tres casos.

Explotación á cielo abierto por beneficio ordinario.—Consiste en abrir una zanja en la superficie del terreno hasta poner al descubierto las primeras capas del criadero, y así poder explotar éstas directamente sin necesidad de ninguna excavación subterránea.

Las zanjas que con este fin se abrían antiguamente, á no ser que el terreno fuese muy consistente, sólo podían soportar muy pequeña profundidad para que no se derrumbasen sus paredes á pesar del talud que se daba á éstas. Pero actualmente, por el mejor conocimiento que se tiene de la construcción en general, y con los mejor estudiados medios de transporte, han podido llevarse á cabo desmontes que admiran por lo gigantescos y por el volumen inmenso de tierra removida.

En las labores á cielo abierto han de guardarse ciertas precauciones para no exponernos á perder el fruto de nuestro trabajo, ó, por lo menos, para no tener que sufrir paros de más ó menos duración. Así, por ejemplo, si el desmante ó zanja está en una ladera de montaña, empezaremos los trabajos por la parte más baja para que las lluvias no inunden la excavación efectuada en el sitio en que se trabaja, y aun así, al amontonar el estéril en los sitios de la zanja á que ya no deba volverse, se tendrá cuidado, si la abundancia de aguas ó de lluvias lo hiciere necesario, de dejar unos como túneles para facilitar el escurrimiento de las aguas hasta las partes bajas del valle, más allá de los límites de la excavación. Y si estuviese en sitio llano, procuraremos dotar á la obra de un fácil desagadero hacia las partes bajas del valle, ya por medio de un pozo comunicando con un túnel ó galería que las conduzca hasta sitios en que no nos puedan molestar, ó bien encaminándolas hacia algún sumidero natural, si tenemos la fortuna de poderlo construir. Y siempre, como primera providencia, deberá procurarse encauzar las aguas superficiales constantes ó accidentales, hacia lugares que no puedan perjudicarnos y de manera, si es posible, que nos suministren un manantial de energía, de fuerza motriz, que podrá sernos muy útil tanto para las operaciones mecánicas inherentes al mismo arranque y transporte del mineral, como para la preparación mecánica á que seguramente deberá someterse el mineral extraído.

Por otra parte, la organización del trabajo ha de ser perfecta si se desea elevar al máximo el rendimiento del personal y si se desea reducir al mínimo las indemnizaciones pagadas en concepto de terrenos alquilados para el almacenamiento del mineral extraído, ó del estéril desechado. Por ello es que se cortan las tierras en forma de bancos ó escalones, y haciendo avanzar la explotación por un igual en todos ellos, de manera que unos operarios no estorben el trabajo de los demás, y dejando en las paredes el talud necesario para garan-

tir la vida de los obreros. Con respecto á lo primero, ó sea al avance de frente, la fig. 37 puede darnos idea de ello, suponiendo que una primera brigada de operarios principia el trabajo arrancando el prisma 1 en la dirección del prisma 2, y que al terminar este desmonte y disponerse para hacer lo mismo con el prisma 2, una segunda brigada principia el derribo del 2'. Se comprende que, si la naturaleza de la capa 1, 2, 3, 4 es igual á la de la 2', 3', 4', al terminar la primera brigada el derribo del prisma 2, también la segunda terminará el del prisma 2', y podremos, por lo tanto, disponer que al comenzar las anteriores brigadas su cometido respectivamente, con los prismas 3 y 3', una tercera brigada arremeta contra el prisma 3'', y así sucesivamente. De esta manera, es evidente que en un trecho relativamente corto, pues cada uno de estos bancos supone un avance de sólo unos pocos metros y una altura de 2 metros ó poco más, tendremos un número crecido de operarios que trabajarán cómodamente y sin temor de peligro ninguno procedente del trabajo de las brigadas situadas en los bancos superiores.

1	2	3	4
2'	3'	4'	
3''	4''		
4'''			

Fig. 37.

La manera de efectuar estos desmontes por bancos en el caso en que los trabajos sean de grandes vuelos, es tal como indican las figs. 38, y 39, en las que se ve en cada banco abier-

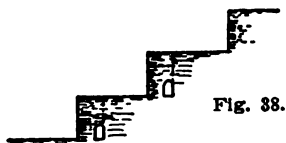


Fig. 38.

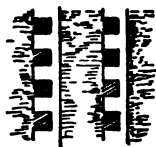


Fig. 39.

tas unas galerías cortas de frente, comunicando luego todas ellas por su fondo con una galería transversal. Esto supone, pues, una serie de pilares ó columnas que sostienen el voluminoso prisma de tierras que en la proyección vertical (fig. 38) está indicado por dos líneas de puntos, pilares que si se descalzan, si se recortan, adelgazándolos por su base serían insuficientes para sos-

tener dicho prisma si no se le apuntalase con fuertes maderos. Éstos, en cuanto se han recortado lo suficiente todos los pilares, se echan en tierra tirando fuertemente de ellos por medio de cuerdas atadas en su parte inferior, con lo cual se viene abajo todo el prisma que sostenían, que con el choque de la caída se desmenuza considerablemente, facilitando el desescombrado.

Otras veces se procede á estos desmontes clavando á igual distancia del frente, distancia que varía según la consistencia de la roca, una serie de estacas que interesen hasta bastante

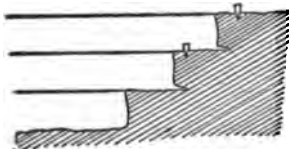


Fig. 40.

profundidad el prisma que se quiere arrancar (fig. 40), y una vez todas estas estacas clavadas, y anudadas en cada una de sus cabezas, que se dejan sobresalir bastante del suelo, una fuerte cuerda, dos ó más ope-

rarrios tiran juntos de cada una de ellas desde el banco inferior y se derriba así una porción considerable del banco, que ha de haber sido descalzado convenientemente por su parte inferior como ya indica la figura.

Respecto al talud prudencial que debe darse á las paredes de la zanja, es preferible disponerlo en varias secciones en vez de construir un solo talud como en tiempos anteriores. El modo de calcular ó dibujar el perfil de este talud lo enseñan los Tratados de construcciones civiles y no hemos de meternos en ello; sólo haremos resaltar que entre los taludes de cada dos secciones consecutivas quedan unas banquetas por las cuales se hacen circular los peones, carros, vagonetas ó locomotoras que hayan de transportar hasta donde no estorben los estériles y tierras arrancadas, y hasta la superficie el mineral obtenido.

Beneficio á cielo abierto por lavado.—La explotación por lavado se aplica generalmente, á los terrenos diamantíferos á las arenas auríferas y á los aluviones estañíferos ó platííferos.

Los diamantes se encuentran en terreno pedregoso, de naturaleza cuarzosa y muy á menudo ferruginosa, constituyendo á veces, por agregación, rocas bastante duras.

Este terreno se encuentra, generalmente, á poca profundidad, en los valles, con preferencia en el fondo y no en las vertientes de ellos, y á menudo en los techos de los ríos ó torrentes, siendo preciso, en este último caso, para emprender la explotación, variar el curso de estos ríos ó torrentes, con el fin de que se puedan arrancar y recoger estas tierras para lavarlas y buscar en ellas los diamantes.

El lavado se efectúa al aire libre ó en cobertizos, bajo los cuales hay veinte ó más cajas ó compartimientos de 3 á 4 metros cuadrados, hasta los que se hace llegar abundante agua por medio de canalizos de madera. En cada una de estas cajas hay un operario que recibe de 25 á 40 kilogramos de tierra, para lavar la cual extiende en la caja, removiéndola en contacto con el agua que se lleva así la parte terrosa, mientras que él va separando las piedras de mayor tamaño y examinando luego las que quedan.

Los aluviones de oro del Brasil constituyen un aglomerado parecido al indicado para los diamantes. Se corta el terreno aurífero en forma de escalera, de peldaños espaciosos, en cada uno de los cuales hay varios obreros que remueven la tierra con una pala, mientras va cayendo desde lo alto de la escalera ó del terreno una corriente de agua, formándose así una especie de fango que es arrastrado por la corriente hasta el último peldaño en que es recogido en una especie de cauce ó calicata. A los cinco días se recoge la parte depositada, y conducida hasta otra corriente de agua, se la somete á un segundo lavado en pequeñas porciones, haciendo de manera que sólo quede en los recipientes en que se lava, la parte más densa, que es la que contiene más oro, y luego es tratada por mercurio para extraer el metal por amalgamación.

En el método americano se hace el descalce por medio de fuertes chorros de agua dirigidos contra las tierras auríferas

que se quieren derribar. Las aguas, al chocar contra el terreno, lo van descalzando, y luego se escurren por él recogiénolos al pie en forma de riachuelo que conduce las tierras arrastradas hasta un canalizo en que hay varios depósitos de mercurio, el cual, en contacto con las partículas auríferas, las amalgama.

También se explotan por un método análogo los aluviones estañíferos, y asimismo ciertos minerales de hierro y las arenas platiníferas.

Explotaciones subterráneas.—Cuando los cálculos de comparación entre el beneficio á cielo abierto y el subterráneo, arrojan una diferencia á favor del laboreo subterráneo, ó bien cuando las condiciones del filón obligan ya, evidentemente, á proceder mediante la perforación de minas ó vías subterráneas, se hacen los primeros estudios ya con miras á esta última clase de disfrute.

Repetimos que son innumerables los métodos seguidos actualmente; pero estudiados en su fundamento se ve que descansan sobre tres únicos principios que son:

Beneficio por abandono de macizos.

Beneficio por relleno.

Beneficio por hundimiento.

Es evidente que si extrajáramos toda la masa de un filón ó banco, se nos formaría una extensísima cámara de techo más ó menos elevado; cámara en que, según la inclinación del criadero, su techo y su suelo podrían llegar á ponerse verticales, y, por lo tanto, se transformaría en una inmensa grieta cuyos labios estuviesen separados por una distancia igual (ó mayor) que la potencia del filón. Pero se comprende que tales cámaras, aun considerando este último caso, son incompatibles con la estabilidad que exige la acción de la gravedad á que todo cuerpo, pequeño ó grande, está sometido, y será, por lo tanto, necesario sostener este techo por medio de pilares, de

columnas, al igual que se hace en las construcciones levantadas en la superficie para nuestro uso cotidiano.

Estos pilares pueden construirse artificialmente con los materiales propios de todas las demás construcciones; pero esta manera de obrar encarecería en tal grado la unidad de materia útil arrancada que, salvo excepciones muy contadas, por ejemplo, el beneficio del cinabrio en Almadén, y en general, salvo los casos de beneficio de materias de gran valor, ha de ser necesariamente ruinoso. Se considera, pues, mucho más beneficioso dejar parte del mineral sin extraer, con lo cual, naturalmente, quedan formados unos pilares que son suficientes para evitar que el techo se nos venga abajo. En esto consiste el sistema de beneficio por abandono de macizos, que puede aplicarse con gran número de variantes, que no intentaremos siquiera esbozar para no ser demasiadamente extensos. Es por demás decir que la sección y distribución de estos pilares ha de ser calculada previamente con objeto de que puedan sobradamente resistir las presiones del terreno.

Pero este método, llamado por *abandono de macizos*, puede representar un perjuicio para la explotación por el valor del mineral abandonado. Y como, por otra parte, en toda mina, como también en la preparación mecánica de los minerales de ella extraídos, se produce cierta cantidad de estériles, cantidad que, según las condiciones del criadero, puede llegar á ser un engorro para su colocación en lugar donde no estorben ó donde no nos obligue á pagar alquileres por los terrenos ocupados, se pueden salvar ambos inconvenientes por aplicación del llamado *sistema por relleno ó ativación*, consistente en llenar con este estéril el hueco dejado por el mineral arrancado, con lo cual, sostenido ya el techo mediante estos pilares artificiales, puede procederse al derribo de la materia que en el primer momento se había respetado para seguridad personal, al igual de lo que ocurría en el sistema por abandono de macizos.

Como materiales de relleno se emplean, por lo general, los de naturaleza pétreo; por ejemplo, los escombros de la perforación de galerías y pozos, si su composición ó consistencia no los hace impropios, y los estériles procedentes del estrío de los minerales arrancados. Y si no hubiese suficiente cantidad de ellos, se labran galerías ó cámaras especiales para obtener el suplemento necesario. También se emplean á veces las maderas de desecho, pero ésta es una práctica que no es de recomendar; y, por fin, modernamente se emplea el agua á presión, con lo cual, como es fácil de entender, se obtiene gran economía de mano de obra por un lado y de energía para el desagüe por otro.

Finalmente, en otras ocasiones la naturaleza de la masa mineral y la de la roca de caja permiten aplicar el llamado *sistema por hundimiento*, que está fundado en el aumento de volumen que sufren las tierras ó rocas simplemente sobrepuestas en montón. En efecto, suponiendo que el techo de una cámara de más ó menos grandes dimensiones no es de material suficientemente resistente, se derrumbará y caerá, en trozos grandes ó pequeños, sobre el suelo de la cavidad que limitaba. Pero al caer, el montón que se ha formado ocupará una dimensión mayor que la que primitivamente ocupaba en el techo, de manera que sucediéndose, de prisa ó despacio, el desprendimiento de la roca del techo, llegará un momento en que ya no podrá continuarse, por tocar el techo con la cúspide del montón, y aquél quedará, en cierto modo, sostenido.

No obstante, no se detienen aquí los movimientos del terreno. El montón de escombros no toma desde el primer instante su forma definitiva. Las posiciones de equilibrio más ó menos estable de dos fragmentos que lo constituyen dan lugar á sucesivos derrumbamientos parciales, hasta que han encontrado su definitiva estabilidad, lo cual ocasiona un movimiento de descenso paulatino de las partes superiores del montón, que á su vez, no sosteniendo ó equilibrando los empujes del

techo con la eficacia que anteriormente, permiten un descenso regular, casi insensible, de este techo hasta el equilibrio estable.

Condiciones generales á que han de sujetarse las labores subterráneas.—1.ª Conviene empezar la explotación por los puntos más alejados, con el objeto de no tener que frecuentar los sitios en que el trabajo ya está abandonado;

2.ª Que el transporte de las materias arrancadas pueda hacerse cómodamente por el interior de la mina; y que su extracción hasta la superficie no sea muy onerosa;

3.ª Debe disponerse el conjunto de excavaciones de manera que se facilite una enérgica ventilación;

4.ª Es conveniente reunir en un mismo punto el mayor número de obreros, pero sin que se estorben entre sí, porque así los trabajos avanzan con mayor rapidez, y se tiene una gran ventaja por la economía de alumbrado y por la vigilancia rigurosa que se puede observar. Por lo tanto, las cámaras ó galerías de ataque estarán próximas entre sí;

5.ª Los puntos explotados no se abandonarán hasta su completo agotamiento, y de modo que el disfrute se haga rápido. Así, en determinados métodos podremos economizar gran cantidad de madera de la destinada al entibado; y

6.ª Deberá hacerse un estudio concienzudo del desagüe y de la ventilación.

Clasificación de las labores subterráneas.—Á pesar de que los tres principios acabados de citar podrían permitirnos una clasificación muy racional para la exposición de las métodos de laboreo, vamos á presentarlos aquí ordenados según se ofrezcan las condiciones de potencia é inclinación del criadero cuya explotación se deba emprender. Por lo tanto, nos ocuparemos de ellos formando un grupo con los filones ó capas de potencia inferior á dos metros y otro con los de potencia superior á dicha dimensión.

Beneficio de los criaderos de pequeña potencia.—Diferentes

métodos son aplicables en este caso, según sea la inclinación del filón:

- | | |
|---|--|
| 1.º Inclinación comprendida entre 90° y 45° . . . | $\left\{ \begin{array}{l} \text{Método por bancos ó en rebajo.} \\ \text{Método por testers ó en realce.} \end{array} \right.$ |
| 2.º Inclinación comprendida entre 45° y 0° . . . | |
| | $\left\{ \begin{array}{l} \text{Método por escalones echados.} \\ \text{Método por grandes tajos.} \\ \text{Método por galerías y pilares.} \end{array} \right.$ |

Método por bancos ó en rebajo.—Ante todo, se divide el yacimiento en macizos *A, B, C* (fig. 41), por medio de pozos inclinados y galerías horizontales, y luego se procede á la explotación de cada uno de estos macizos.

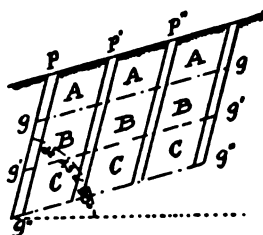


Fig. 41.

Se coloca un minero en *a* (fig. 42), sobre una plataforma, y arranca un paralelepípedo 1 (fig. 37) de 2 metros de altura y de 8 á 10 metros de longitud; entonces se coloca un segundo minero en *b*, y mientras éste arranca el paralelepípedo 2', el primer minero arranca el 2, y así por el estilo, de igual manera que se ha explicado en las labores á cielo abierto, sin más diferencia que allí eran brigadas de operarios y aquí es sólo uno el operario encargado del derribo de cada paralelepípedo.

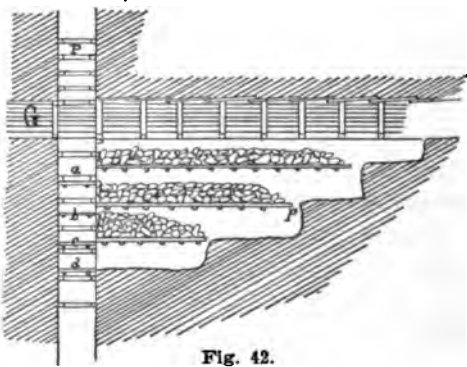


Fig. 42.

Por otra parte, á medida que el minero se aleja del pozo *P* va construyendo un entarimado ó camada cuyos estemples

están apoyados por sus extremos en el suelo y techo de la grieta en que estaba armado el criadero, sobre el cual dispone los escombros ó zafra procedentes del estrío ó escogido del mineral que otro operario va efectuando á medida que el minero lo arranca.

De cuando en cuando se dejan entarimados sin llenar de escombros que sirven para conducir el mineral escogido hasta el pozo para su extracción á la superficie. La circulación de los obreros se hace por medio de escaleras de mano colocadas desde el suelo de un banco hasta la arista *p* del banco inmediato superior.

En este método el obrero trabaja en posición cómoda y arremete contra la roca que le presenta dos caras al descubierto. No tiene que temer los derrumbamientos superiores, pues las traviesas que sostienen los entarimados, en que se colocan los escombros, sirven de entibado ó fortificación para sostener el techo del filón, por lo cual puede vaciarse toda la masa del filón, reemplazándola por los escombros. Además, la ventilación no se dificulta, pues el aire puede circular libremente por debajo de los entibados que aseguran la solidez de la labor y sostienen los escombros.

Método por testers ó en realce.—Este método (fig. 43)

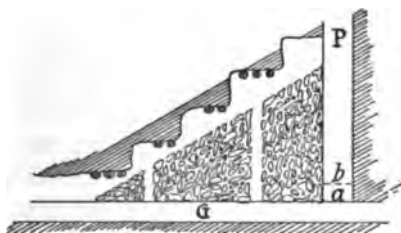


Fig. 43.

			4"
		4"	3"
	4'	3'	2'
4	3	2	1

Fig. 44.

diffiere del anterior en que el trabajo es ascendente, es decir, se hace de abajo hacia arriba.

El primer minero se coloca en *a* sobre un entarimado situado al nivel del techo de la galería *G* y arranca un paralelepípedo

1 (fig. 44) de 2 metros de altura y de 9 á 10 metros de longitud; después, un segundo operario, sostenido por el entarimado colocado en *b*, á 2 metros por encima del anterior *a*, arranca un paralelepípedo 2' de iguales dimensiones que el antes dicho 1, y entretanto el primer minero arranca el paralelepípedo 2; luego empieza otro minero á derribar el paralelepípedo 3'' y los dos primeros arrancan los 3 y 3', y así sucesivamente, presentándose el trabajo con el mismo aspecto de una escalera vista por la parte inferior.

Al igual que en el método por rebajo, se sostienen las paredes por medio de estemples apoyados en el techo y piso del criadero; y en cuanto á los escombros, se les amontona sobre un entarimado fijo y muy sólido que hace las veces de* techo de la galería *G*, y que se va construyendo á medida que el primer minero avanza. También podría construirse una bóveda de mampostería. De trecho en trecho se amontonan los escombros de manera que nos dejen unos huecos en forma de pozo ó *coladero* *c*, *c'*, por los cuales se baja el mineral ya escogido á la galería inferior, por la que se le conduce hasta el pozo maestro.

Cuando el montón de escombros es lo bastante elevado, el minero se coloca sobre ellos para trabajar; mientras llega esta ocasión ha de situarse sobre un entarimado móvil que hace avanzar á medida que va adelantando en su trabajo.

Comparando estos dos métodos de explotación, se ve que uno y otro presentan ventajas é inconvenientes. En el método por bancos se puede trabajar más cómodamente y se está en completa seguridad; pero se necesita enorme cantidad de madera para sostener los escombros, madera que ya queda perdida. En el método por testers el minero trabaja algo incómodo, pero el peso de las masas le facilita el arranque y emplea menos madera, con lo cual hay notable economía de tiempo y madera; mas, en cambio, el estrío del mineral es difícil, porque al caer los bloques arrancados, el mineral, que

* *Haces las veces de, acts as.*

suele ser más quebradizo que la ganga, se desmenuza y se introduce por entre los huecos que presentan los escombros amontonados, mezclándose con ellos, y se acarrean notables pérdidas de él, aunque se ponga minuciosa atención, á causa de la poca luz de que se dispone. De todos modos, este método es más usado que el en rebajo.

Método por galerías y pilares.—Se divide el yacimiento en macizos que se arrancan luego sucesivamente, pero dejando ciertas partes ó pilares que nos sostengan el techo. Para ello se perforan en el macizo, á distancia preestablecida, galerías paralelas, que luego se cortan perpendicularmente con otras galerías, dejando también cierto intervalo entre unas y otras. Se obtendrán así una serie de pilares que aseguran la estabilidad de la construcción y cuyas dimensiones dependen de la consistencia del yacimiento y de su inclinación. Se ven muchas veces de sección cuadrada, pero también pueden tener sección rectangular, en cuyo caso su mayor lado se dispone en el sentido de la inclinación. Tampoco es necesario que sean todos de igual dimensión, sino que ésta dependerá de la consistencia del criadero en el punto de que se trate.

Este método es uno de los más sencillos, pero tiene el inconveniente de ocasionar la pérdida de gran parte de la substancia explotable, lo que restringe su uso á los yacimientos de mineral de poco valor ó pobres, y que dan poca cantidad de escombros. Lo que suele hacerse en muchos casos es dejar los pilares en los sitios de mayor pobreza, si bien esta disposición implica poca regularidad en los trabajos y gran escrupulosidad en el encargado ó capataz para fijar el espaciamiento y sección de los pilares.

XI

PUENTES *

Coefficientes de resistencia que se adoptan en los cálculos de puentes. Fábricas.—Indicaremos aquí las cifras que se adoptan ordinariamente, ó las reglas que sirven para determinar estos coeficientes en las fábricas, metales usados en la construcción de puentes, y maderas.

Es difícil fijar cifras en lo relativo al coeficiente de resistencia de las fábricas, porque varía entre límites muy extensos según la naturaleza del material y de la fábrica. Depende, en primer lugar, de la carga de rotura del material, á la cual se debe aplicar un coeficiente de seguridad; pero, como las fábricas no son macizos homogéneos, y la transmisión de las presiones se verifica siempre de un modo más ó menos irregular, concentrándose en los puntos de apoyo de las piedras, debe tenerse en cuenta esta circunstancia y aplicar por esta razón un nuevo coeficiente de seguridad, tanto menor cuanto mayor sea la irregularidad de la fábrica. El coeficiente definitivo relativo á la fábrica varía, por lo tanto, entre límites muy extensos, y generalmente suele estar comprendido entre $1/6$ y $1/15$. Podrá acercarse á $1/6$ cuando la fábrica sea muy esmerada, como la sillería, y debiera rebajarse á medida que la fábrica sea más irregular, influyendo también en esta elección la naturaleza y la calidad de los morteros.

A continuación insertamos un cuadro en que se expresan las cargas de rotura por centímetro cuadrado de varios ma-

* De la "Práctica Usual de los Cálculos de Estabilidad de los Puentes," por Don Luis Gaztelu, Marqués de Echandía, Madrid, 1904.

teriales. En él se observará que el conocimiento de la naturaleza del material es insuficiente para juzgar acerca de su resistencia, dada la gran diferencia que existe entre estos límites:

PIEDRAS	Cargas de rotura por cm. ² — <i>Kilogramos.</i>
Basalto y pórfido	2.000 á 2.500
Granito	350 á 800
Areniscas	4 á 800
Calizas duras	150 á 500
Calizas blandas	50 á 150
Ladrillos	40 á 150

He aquí los límites entre los cuales varía ordinariamente el coeficiente de resistencia por centímetro cuadrado que se adopta en la práctica para las diversas fábricas:

CLASE DE FÁBRICA	Peso del m. ³ — <i>Kilogramos.</i>	Coeficiente de resis- tencia por cm. ² — <i>Kilogramos.</i>
Sillería	2.000 á 2.700	15 á 40
Mampostería	2.000 á 2.300	3 á 20
Hormigón ordinario ...	2.300 á 2.400	3 á 5
Hormigón de cemento .	2.300 á 2.400	6 á 14
Ladrillo	1.700 á 1.800	3 á 10

Estas cifras deben satisfacer á la condición de ser inferiores al producto de la carga de rotura por el coeficiente de seguri-

dad; así, para que sea admisible la cifra 15 que figura como límite inferior para la sillería, es preciso que la carga de rotura del material sea mayor que $6 \times 15 = 90$ para obtener el mínimo de seguridad admisible, puesto que $1/6 \times 90 = 15$.

La gran diferencia entre las cifras límites que figuran en los cuadros anteriores hace ver la conveniencia y aún la necesidad de ensayar los materiales que han de emplearse, cuando no se conoce su carga de rotura, y la prudencia con que hay que proceder cuando se carece de datos experimentales directos. Algunos manuales y obras de Construcción ó Mecánica aplicada fijan límites más próximos que los que nosotros indicamos; pero se advierten entre las cifras que dan numerosas contradicciones y anomalías.

Coeeficientes de resistencia del hierro, el acero y la fundición.—Mucho se ha discutido acerca de los coeeficientes que conviene fijar para el trabajo del material en los puentes metálicos. Hasta hace algunos años se fijaba un límite único para todas las piezas, 6,50 kg. por mm.² generalmente. Pero, á consecuencia de trabajos experimentales minuciosos realizados en Alemania, las ideas de los ingenieros se han modificado radicalmente en este punto. Hoy se admite como principio que los coeeficientes deben variar según las condiciones en que trabajan las piezas á que se aplican. Las piezas expuestas directamente á las cargas accidentales, y en las cuales éstas son considerables relativamente al peso permanente que obra sobre aquéllas, como son las viguetas y largueros del piso, se someten á un trabajo límite reducido. Por el contrario, los cuchillos principales de los puentes de luces considerables, en que la relación de la carga móvil á la carga permanente es pequeña, se pueden someter á un trabajo mayor. El límite máximo adoptado con las mayores luces para el hierro varía, según los países, de 8 á 10 kg.

En estas ideas están inspiradas las disposiciones oficiales vigentes en Austria y Francia y las dictadas posteriormente en España.

En la circular francesa se fija como límite del trabajo del hierro por milímetro cuadrado, ó coeficiente de resistencia, en los cuchillos principales, 6,5 kg. para luces inferiores á 30 m. Para luces mayores, se autoriza á los ingenieros á pasar de este límite justificando el coeficiente que adopten, pero no debiendo exceder nunca dicho coeficiente de 8,5 kg.

Para las viguetas, largueros y demás piezas del piso expuestas directamente á la acción de cargas concentradas, el límite adoptado es 5,50 kg.

Cuando la pieza está sometida á esfuerzos alternativos de tensión y compresión se rebaja el coeficiente de resistencia, á consecuencia de ciertos experimentos verificados por Wöhler en Alemania, según los cuales la carga de rotura se reduce notablemente cuando las piezas se hallan en estas condiciones. La circular francesa fija como límite en este caso 4 kg. por mm.², pero admitiendo que se aproxime á los límites anteriores cuando las variaciones de los esfuerzos que puede sufrir la pieza sean pequeñas.

Los coeficientes admitidos por la circular francesa para el acero, correspondientes á los mismos casos examinados para el hierro, son los siguientes: para los cuchillos principales, 8,50 kg. por mm.² si la luz es inferior á 30 m.; para luces mayores se admite un aumento creciente con la luz, sin que pueda exceder nunca de 11,50 kg.

Para las viguetas y largueros del piso, el límite es 7,50 kg.

En el caso de piezas sometidas á esfuerzos alternativos de tensión y compresión, se admite 6 kg. por mm.², con las mismas reservas indicadas para el hierro.

Además se imponen siempre á los hierros y aceros ciertos límites inferiores respecto á la carga de rotura y al alargamiento que deben experimentar antes de romperse. Para ello, se someten á ensayos algunas muestras del material, que deben dar, en el caso del hierro, una carga de rotura igual ó superior á 32 kg. por mm.² y un alargamiento por lo menos de 8 por 100. En el caso del acero, la carga mínima de rotura es 42

kg., y el mínimo alargamiento para que sea admisible, 22 por 100.

Hemos indicado que la fundición resiste mucho más por compresión que por tensión. Por lo tanto, deben adoptarse coeficientes diferentes según la clase de trabajo á que esté sometida una pieza de fundición. La circular francesa admite 6 kg. por mm.² cuando está sometida á compresión, y 1,50 kg. cuando obra por tensión. Sin embargo, cuando la pieza está sometida á flexión (lo cual, como veremos, supone extensión en una parte de ella), se admite un trabajo de 2,50 kilogramos por milímetro cuadrado.

Las reglas vigentes en España para fijar estos coeficientes se hallan expuestas en la *Instrucción para la redacción de proyectos de puentes metálicos* publicada de Real orden en 25 de Mayo de 1903.

Para la fundición ó hierro colado se prescriben los mismos coeficientes que en la circular francesa.

En atención á la importancia del acero en la construcción de puentes metálicos, se han fijado en primer lugar los coeficientes que deben admitirse para este material, y se deducen de ellos los correspondientes al hierro ordinario ó soldado, rebajando los primeros en 1/4 de su valor.

Los coeficientes de resistencia de los cuchillos ó vigas principales de acero dependen de la luz y crecen con ella del modo siguiente:

Para luces inferiores á 20 m., de 8,50 á 9 kg. por mm.²

Para luces comprendidas entre 20 y 50 m., de 9 á 10 kg. por mm.²

Para luces de 50 á 100 m. ó más, de 10 á 11 kg. por mm.²

Debe entenderse que para luces intermedias á las citadas, los coeficientes se deducen por interpolación rectilínea ó proporción en razón inversa.

Para las viguetas, largueros y demás piezas del piso, se adopta como límite 7,50 kg. por mm.²

En las piezas sometidas á esfuerzos alternativos de tensión

y de compresión, se deben rebajar los coeficientes que fijan las reglas anteriores en $1/3$ de su valor.

Todos estos coeficientes se refieren á la sección mínima efectiva de cada pieza, descontando los agujeros de los roblones, y deben cumplir además con la condición de no exceder de la mitad del valor del límite aparente de elasticidad del metal á que se apliquen.

Fíjanse también, en un artículo especial, los límites máximos ó mínimos de la carga de rotura por tracción, compresión y corte ó trinchadura, del alargamiento relativo, del límite de elasticidad y del coeficiente llamado *calidad del metal*, que es el producto de la carga de rotura por el alargamiento relativo, expresado éste en tanto por ciento de la longitud primitiva de la pieza, y la carga de rotura en kilogramos por milímetro cuadrado de la sección transversal primitiva.

Nos limitamos aquí á dar estas reglas generales, suficientes para la inteligencia del texto, pero recomendamos al lector el estudio detenido de esta importante instrucción, que transcribimos íntegra en la página 298.

Maderas.—Las maderas más empleadas en la construcción de puentes son el pino y el roble. Los coeficientes que se adoptan, tanto para la extensión como para la compresión, varían de 50 á 80 kilogramos por centímetro cuadrado. Con mucha frecuencia se admite 60 kg. por cm^2 .

Los pilotes constituidos por piezas de estas maderas se cargan á razón de 25 á 40 kg. por cm^2 cuando se apoyan en terreno de roca dura. Existen fórmulas empíricas para determinar los coeficientes de resistencia cuando se clavan en terrenos indefinidamente compresibles, pero no creemos oportuno estudiarlas aquí. Pueden verse en cualquier tratado de Cimientos.

Sólidos sometidos á compresión.—Estudiemos ahora el caso de una pieza prismática comprimida por sus extremos, cuando la longitud excede de 10 ó 12 veces la menor dimensión de la sección transversal del prisma. Hemos dicho ya que en este

caso no se puede aplicar la fórmula [2] como si se tratase de una tensión, porque la pieza puede llegar á doblarse, aunque la carga no sea suficiente para producir el aplastamiento.

Por consideraciones teóricas se ha llegado á una fórmula que da la menor fuerza capaz de producir la flexión en un prisma dado. Pero esta fórmula no tiene valor alguno en la práctica, porque sus resultados no están conformes con la experiencia.

Muchas son también las fórmulas empíricas ó reglas prácticas que se han propuesto para representar los resultados de estudios experimentales. Indicaremos brevemente algunas de las relativas á las piezas de madera y á las columnas de fundición ó de hierro; pero nos fijaremos especialmente en la aplicación de estas últimas á las secciones formadas con palastros y hierros laminados, que es el caso que se presenta ordinariamente en el cálculo de los puentes metálicos.

FLEXIÓN

Descripción del fenómeno de la flexión.—Consideremos un sólido prismático de sección rectangular apoyado por sus extremos en dos puntos fijos y cargado de pesos, es decir, en las condiciones en que se halla en las construcciones

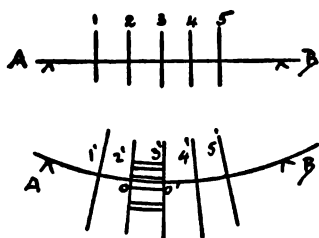


Fig. 45.

una viga. La línea $A B$ (fig. 45) será el eje de figura de la pieza, y es una recta mientras aquélla permanece descargada. La experiencia demuestra que, cuando se carga la viga, la línea $A B$ afecta una forma curva cóncava hacia arriba, descendiendo todos los puntos situados entre los de apoyo A y B .

Para analizar todas las circunstancias que necesitamos conocer de este fenómeno, imaginemos la pieza constituida por

una serie de secciones materiales 1, 2, 3... fijadas sobre el eje AB , también materializado, y de modo que el ángulo que forma con una sección cualquiera sea invariablemente recto. Según esto, las secciones 1', 2', 3'..... en la pieza deformada serán normales á la curva AB .

Concibamos ahora la viga constituida por un haz de fibras paralelas á AB , y supongamos que sigan siendo paralelas después de la deformación. Examinemos lo que ocurre en uno cualquiera de los trozos de la viga, por ejemplo el 2', 3'.... de la figura 45, que aparece amplificado en la figura 46. La sección 3, paralela á la 2 en la pieza descargada, ha girado alrededor del punto o' hasta formar con la 2 un cierto ángulo. Las fibras superiores a oo' han experimentado acortamientos, de los cuales el mayor es el $a' a''$, y que crecen proporcionalmente á sus distancias á o' ,

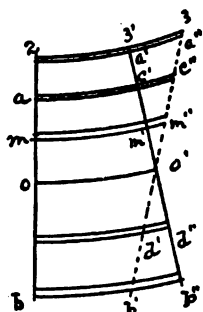


Fig. 46.

donde se reduce á cero. Las inferiores sufren alargamientos que crecen también proporcionalmente á sus distancias á o' siendo nulo en este punto y máximo en bb' . Además, á causa de la simetría de la figura respecto á o' , el alargamiento de una fibra cualquiera $d' d''$ de la parte inferior es igual al acortamiento $c' c''$ de la fibra situada en la parte superior á igual distancia de o' .

Se deduce de aquí que las fibras superiores sufren compresiones crecientes desde la oo' hasta la aa' , y las inferiores tensiones iguales á aquellas compresiones para fibras equidistantes de o' . La fibra oo' , cuya longitud no varía, no resiste esfuerzo alguno. Por esta razón el eje AB recibe el nombre de *fibra neutra*.

La descripción anterior es hipotética, y no la expresión verdadera del fenómeno tal como ocurre en la naturaleza. Pero puede considerarse como exacta dentro de los límites de la aproximación necesaria al constructor. En estas hipótesis

se fundan las fórmulas que vamos á deducir, cuyo empleo es universal, sin que nunca hayan sido desmentidas por la experiencia, y, por consiguiente, pueden aplicarse con absoluta confianza en la práctica.

Procedimiento para la resolución del problema.—El problema que nos proponemos resolver puede enunciarse así: *Conocidas todas las fuerzas exteriores que obran sobre la viga, determinar las tensiones ó compresiones máximas que deben desarrollarse en una sección cualquiera para que exista el equilibrio.*

Explicaremos el procedimiento que debemos seguir para resolverlo en un ejemplo muy sencillo. Supongamos (fig. 47)

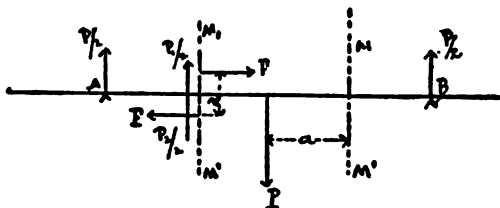


Fig. 47.

una viga apoyada en los puntos *A* y *B*, y cargada de un peso *P* en su punto medio.

Ante todo, observaremos que la fuerza *P* no es la única fuerza exterior que obra sobre la viga; si así fuera, la viga se pondría en movimiento. Pero, puesto que queda en reposo, deben desarrollarse en los puntos de apoyo otras fuerzas, llamadas reacciones, que equilibran á la *P*. Se determinan suponiendo suprimidos los apoyos, y calculando las fuerzas que deben aplicarse en los puntos *A* y *B* para sustituirlos, es decir, para hacer equilibrio á *P*. En el caso que examinamos se ve inmediatamente que hay que aplicar en dichos puntos dos fuerzas iguales á $\frac{P}{2}$ y dirigidas hacia arriba. Luego las fuerzas exteriores que actúan sobre la viga se reducen á la

P , aplicada en C , y á las $\frac{P}{2}$, que obran en A y B respectivamente.

Supongamos que queremos determinar la tensión ó compresión máxima que se desarrolla en una sección cualquiera, la MM' , por ejemplo. Para ello, si imaginamos cortada la viga en MM' , y suprimido el trozo de la derecha, observaremos que podremos aplicar en esta sección fuerzas capaces de hacer equilibrio á las exteriores $\frac{P}{2}$ y P que obran sobre el trozo de la izquierda, y mantener este trozo en las mismas condiciones en que se hallaba cuando la pieza estaba entera. Por lo tanto, las fuerzas moleculares que se desarrollan en MM' por efecto de la continuidad de la viga en esta sección, son precisamente las que debemos aplicar en ella para hacer equilibrio á las $\frac{P}{2}$ y P , es decir, á todas las fuerzas exteriores que actúan á la izquierda de la misma.

Se deduce de aquí que, para la resolución completa del problema que estudiamos, deberemos resolver sucesivamente las tres cuestiones siguientes:

1.ª *Dados los pesos que obran sobre una viga, determinar las fuerzas exteriores desconocidas, ó sea las reacciones de los apoyos.*

2.ª *Conocidas todas las fuerzas exteriores que obran sobre una viga, reducirlas á un sistema equivalente que esté aplicado á la sección MM' que se estudia.*

3.ª *Determinar las fuerzas moleculares que se deben desarrollar en esta sección para hacer equilibrio al sistema anterior.*

DETERMINACIÓN DE LAS FUERZAS MOLECULARES QUE SE DESARROLLAN EN UNA SECCIÓN.

El efecto de las fuerzas exteriores sobre una sección de la viga queda reducido á una fuerza (esfuerzo cortante), que tiende á separar las dos porciones de viga limitadas en esta

sección, haciéndolas deslizar en sentido contrario á lo largo de la misma, y á un par $F \times d$ (momento de flexión), cuya acción tiende á hacer girar la sección alrededor de su intersección con el plano de las fibras neutras.

Para que la viga no se rompa y se halle en condiciones de resistencia aceptables, es preciso que en esa sección puedan desarrollarse fuerzas moleculares capaces de equilibrar aquellas acciones, y esto sin que en ningún punto de la sección excedan dichos esfuerzos de los límites de seguridad definidos en el capítulo anterior.

La condición de resistencia al esfuerzo cortante exige que, dividido por la sección, dé un esfuerzo por unidad de superficie igual ó menor que el coeficiente de resistencia. Se admite frecuentemente como coeficiente de resistencia al esfuerzo cortante el mismo que para la tensión ó compresión.

En las vigas de sección constante esta condición se cumple sobradamente cuando la de resistencia al momento de flexión se halla satisfecha. La experiencia, de acuerdo con la teoría, hace ver que en estas condiciones, que son las de una viga de madera, por ejemplo, la rotura se verifica siempre aplastándose las fibras de la parte superior y separándose por extensión las de la parte inferior, indicio claro de que ha sido producida por el momento de flexión.

Prescindamos, pues, por ahora, del esfuerzo cortante, y estudiemos las condiciones de resistencia al momento de flexión en una sección MM' .

Volvamos á la figura 46. En ella observamos que el par Fd ha hecho girar á la sección 3 alrededor de O' , llevándola á la posición 3'. Como hemos observado ya, los alargamientos ó acortamientos de las fibras son proporcionales á sus distancias al punto O' . Por otra parte, los esfuerzos que los producen son también proporcionales á los alargamientos luego estos esfuerzos son proporcionales á sus distancias á O' .

En las fibras extremas aa' y bb' se verifican los mayores esfuerzos de tensión y compresión; por lo tanto, para que la

sección se halle en condiciones de seguridad, bastará que dichos esfuerzos sean iguales ó menores que el coeficiente de resistencia R por unidad de superficie.

Conociendo el esfuerzo de la fibra extrema, nos es ya fácil calcular el que corresponde á una cualquiera mm' , por ejemplo. Llamemos r al esfuerzo por unidad de superficie que corresponde á esta fibra, v á la distancia $O' m'$, V á la distancia $O' a'$, y tendremos

$$\frac{r}{R} = \frac{v}{V};$$

de donde

$$r = \frac{Rv}{V}$$

y el esfuerzo de tensión de la fibra, llamando ω á su sección, será

$$r \omega = R \frac{v \omega}{V}.$$

Este esfuerzo tiende á oponerse al par Fd , y su momento de resistencia es

$$r \omega \times v = R \frac{v^2 \omega}{V}.$$

Si para cada fibra calculamos este momento, la suma de todos ellos debe reducirse á un par que equilibre al Fd . Designando la suma con el signo Σ , el momento resistente de la sección será

$$\Sigma \frac{R}{V} \times v^2 \omega = \frac{R}{V} \Sigma \omega v^2.$$

Observaremos que, en la suma, $\frac{R}{V}$ es un factor común, y la transformación anterior se reduce á ponerlo en evidencia

Llamando M al momento de flexión, vemos ahora que la condición para que la sección resista en condiciones de seguridad al momento de flexión, será.

$$M < \frac{R}{V} \Sigma \omega v^2.$$

La cantidad $\Sigma \omega v^2$ que resulta de verificar los productos de las secciones de las fibras por los cuadrados de sus distancias á O' , y sumar todos estos productos, es lo que se llama el *momento de inercia* de la sección respecto al eje horizontal que pasa por O' . Es un número que puede determinarse por el cálculo integral para toda sección definida geométricamente, y se designa generalmente por I . La fórmula se reduce entonces á

$$M < \frac{RI}{V}.$$

Hemos visto cómo se halla el momento de flexión en una sección cualquiera. Sabemos elegir el coeficiente R según la clase de material de que se componga la viga. V no es otra cosa que la mitad de la altura de la sección en el caso que más interesa en la práctica, es decir, cuando la sección es simétrica respecto á un eje horizontal.

Para calcular ó elegir la sección de una viga sometida á cargas conocidas, cuya sección sea constante, bastará, por lo tanto:

1.º Hallar el momento de flexión en la sección en que adquiriera su valor máximo, lo cual es fácil de conseguir en los casos que ocurren en la práctica, como veremos á continuación.

2.º Formar el producto $\frac{RI}{V}$ llamado *momento resistente*, para lo cual hay que calcular el momento de inercia I por medio de fórmulas sencillas que daremos á conocer.

3.º Comparar ambos números y ver si el 2.º es mayor que el 1.º Si esto se verifica, sabremos que el trabajo del material no alcanza en ningún punto de la viga el valor del coeficiente R , y la resistencia de la pieza está asegurada.

Conviene, por otra parte, que el momento resistente se

acerque todo lo posible al momento de flexión, para utilizar por completo la resistencia del material, y obtener toda la economía compatible con la seguridad.

Pasemos á resolver el primero de los problemas enunciados, ó sea hallar el momento de flexión máximo.

CUESTIONES GENERALES RELATIVAS AL CÁLCULO DE LOS PUENTES METÁLICOS.

Composición general de un puente metálico.—Un puente metálico consta esencialmente de dos ó más cuchillos ó vigas principales, sobre los cuales insisten viguetas transversales destinadas á sostener el piso. Cuando se trata de un ferrocarril, estas viguetas sostienen los largueros en que se apoyan directamente los carriles.

En los puentes de carreteras, generalmente insisten sobre las viguetas largueros longitudinales, sobre los cuales se apoyan piezas llenas destinadas á sostener el afirmado, como hierros Zorès, placas encorvadas de palastro, bovedillas de ladrillo, etc.

De aquí se deduce que el cálculo de los puentes metálicos se reduce al de una serie de vigas. Si el piso se compone de hierros Zorès, estos obrarán como piezas apoyadas en los largueros y sometidas á cargas que se pueden valorar. Los largueros son piezas apoyadas en las viguetas, que reciben las cargas por el intermedio de los hierros Zorès. Las viguetas, á su vez, son piezas apoyadas en las vigas principales, pudiéndose valorar las cargas á que deben resistir; y, finalmente, las vigas principales que se apoyan en las pilas y estribos, reciben las cargas que les transmiten las viguetas, hallándose en el mismo caso que las piezas anteriores. Muchas veces la serie de piezas enumeradas disminuye, como en el caso citado de los puentes para ferrocarriles, en que sólo habrá que calcular los largueros, las viguetas y las vigas principales.

Los hierros Zorès, los largueros y las viguetas se calculan por los procedimientos estudiados en el capítulo II de la primera

parte, y las cargas á que han de resistir son generalmente muy fáciles de determinar. En cuanto á los cuchillos principales, el método de cálculo varía mucho según el sistema de que se trate; nos proponemos estudiar los más usuales en la práctica; pero antes de emprender este estudio, conviene examinar algunas cuestiones que hay que resolver en todos los proyectos, cualquiera que sea el sistema adoptado para las vigas principales. Son éstas la determinación de las cargas, la disposición y el cálculo de los arriostramientos ó enlaces de las vigas principales entre sí, las reglas relativas al roblado, y la determinación de las dimensiones de los aparatos de apoyo de las vigas principales.

Determinación de las cargas en las viguetas y demás piezas del piso.—Toda pieza que forma parte de un puente tiene que resistir dos clases de cargas. Una *permanente*, que se compone de su propio peso y del de las partes de la obra que sostiene, y otra *accidental* ó *móvil*, que proviene de los vehículos, peatones y caballerías que circulan por el puente. Así, para una vigueta de un puente de carretera, el peso permanente se compondrá: 1.º, del peso del firme que insiste sobre ella; 2.º, del peso de las piezas que sostienen el piso, como placas de palastro, hierros Zorès, etc.; 3.º, del de los largueros; 4.º, del peso propio de la vigueta. Una vez ideada la composición del piso, es fácil valuar aproximadamente estos pesos, valiéndose, si es necesario, de la comparación con otro puente de análogas condiciones ya construido. Este peso desarrolla en la vigueta un trabajo permanente, al cual se añadirá en ocasiones el debido á la carga móvil que ha de circular por el puente.

En la valuación de la carga móvil se han de distinguir dos casos: el de un puente para ferrocarril y el de un puente para carretera.

En el primer caso, la carga máxima será la debida á un eje motor de la locomotora más pesada que ha de circular por la vía, carga que se transmitirá á dos puntos perfectamente determinados de la vigueta, repartiéndose por igual entre ellos.

Si la distancia entre las ruedas de la locomotora es menor que la separación entre dos viguetas, una parte del peso de los ejes que insisten sobre los largueros contiguos, se transmitirá también á la vigueta. Consideremos (fig. 48) tres viguetas consecutivas; cuando el peso P_2 de la rueda intermedia insiste en la vigueta, los pesos P_1 y P_3 se hallan á igual distancia de aquélla sobre los largueros inmediatos; supongamos que la distancia entre los ejes es de 1,30 m. y la de las viguetas 2,50; sea 7.500 kg. el peso transmitido por cada rueda.

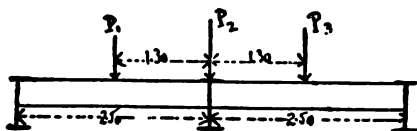


Fig. 48.

La parte del peso P_2 que viene á transmitirse á la vigueta central, se obtendrá tomando momentos con relación á la de la derecha, y tendremos

$$X = \frac{(2,50 - 1,30) P_2}{2,50} = \frac{1,20 \times 7.500}{2,50} = 3.600 \text{ kg.}$$

El peso P_1 transmite otra parte igual al punto de apoyo del larguero, y la carga total en estos puntos de la vigueta intermedia es $2 \times 3.600 + 7.500 = 14.700$ kg. Si el puente es de doble vía, esta carga obrará en cada uno de los cuatro puntos de la vigueta que sirven de apoyo á los largueros.

Para obtener la carga más desfavorable correspondiente á un larguero, bastará aplicar en su punto medio una de las ruedas de la locomotora más pesada que haya de circular por el puente, y á derecha é izquierda del mismo, todas las que quepan en el larguero.

En un puente de carretera en que pueden cruzarse dos vehículos, la carga móvil más desfavorable para la vigueta se obtendrá en el caso en que se crucen sobre ella dos vehículos de los más pesados, colocándolos simétricamente respecto al eje, y de modo que las dos ruedas interiores se acerquen todo lo posible á él. Es necesaria una información en la localidad

para averiguar el peso de estos vehículos; pero, en general, no debe admitirse para las carreteras del Estado un peso inferior á 6.000 kg.

Los antiguos formularios prescribían una carga de 9.000 kg., que es evidentemente muy exagerada. La Administración francesa, en la circular de 1877, admitía una carga aún más exagerada, de 11.000 kilogramos, pero estas disposiciones no se hallan ya vigentes.

Si se trata de un puente para carretera, cuyo ancho no permita el cruce, la situación más desfavorable para la vigueta se obtiene colocando el vehículo más pesado de modo que una de sus ruedas se acerque todo lo posible al eje del puente, rozando la otra con la acera.

Si el puente tiene aceras, deben éstas suponerse cargadas á razón de 400 kg. por metro cuadrado. En determinados casos de puentes alejados de los centros de población, la Instrucción vigente de 25 de Mayo de 1902 autoriza á los Ingenieros para rebajar esta cifra hasta 300 kg. por m.²

Las cargas correspondientes á los largueros, hierros Zorès, etc., se determinan aún más fácilmente, porque generalmente estas piezas son bastante cortas para que no pueda insistir sobre ellas más que una rueda de vehículo, que deberá suponerse en el punto medio de la pieza para obtener el máximo momento de flexión. Sin embargo, cuando se trata de los hierros Zorès de un piso afirmado, puede suponerse que aquella carga se reparte en dos ó tres de éstos, por distribuirla en una cierta extensión el espesor del firme interpuesto entre la rueda y la pieza.

Se admite generalmente que se distribuye el peso aislado transmitido por una rueda en la base de un cono, cuyo vértice es el punto de apoyo de la rueda, la altura la distancia de este punto al plano horizontal de la cabeza superior de la pieza considerada, y cuya generatriz está inclinada á 45° respecto á la vertical.

En la imposibilidad de enumerar todos los casos posibles, nos

limitaremos á estas indicaciones, y procuraremos presentar ejemplos de los casos más frecuentes al estudiar prácticamente los cálculos de los sistemas usuales de puentes metálicos.

Determinación de las cargas correspondientes á las vigas principales.—Distinguiremos, como en el caso anterior, la carga permanente y la carga móvil. La primera se compone de todos los elementos de la obra sostenidos por las vigas principales y del peso propio de éstas. El peso de los elementos que insisten sobre las vigas principales será ya conocido con la aproximación suficiente para este objeto al tratar de calcular dichas vigas, puesto que, al calcular la vigueta, se habrán determinado todos los pesos que insisten en ella, y, conocidas sus dimensiones, podrá determinarse también el peso de ésta.

El peso de la viga principal que se trata de calcular es completamente desconocido; pero puede tomarse como dato suficientemente aproximado un término medio de los pesos que resultan en la práctica para las mismas luces, ó el de un puente del mismo tipo y de condiciones semejantes al que se proyecta.

El cuadro siguiente da el peso medio por metro lineal de puente de toda la parte metálica para puentes de ferrocarriles, y por metro superficial de planta para puentes de carreteras. En estos últimos se determina el peso del metro superficial de planta, porque el peso por metro lineal debe variar para una misma luz con el ancho del puente. Obsérvese que en estos pesos va incluído el de las viguetas y demás piezas del piso, y para obtener la carga permanente basta agregar el peso del firme en los puentes de carreteras y el de la vía en los de ferrocarriles.

Para puentes de luces inferiores á 20 m. para carreteras, ó á 30 para ferrocarriles, es preferible determinar este peso por comparación con otro puente del mismo tipo que el que se proyecta, porque el peso por metro lineal varía mucho con las cargas que se admitan.

Roblado.—Otro de los problemas que hay que resolver en todos los proyectos de puentes metálicos, es el relativo al

roblado. Dada la longitud, necesariamente limitada, de las chapas de palastro, es menester empalmarlas con frecuencia.

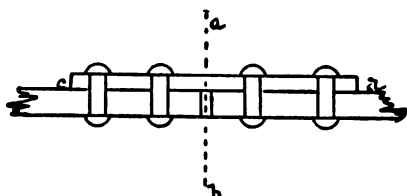


Fig. 49.

Los empalmes se hacen recubriendo la junta con otra chapa de la longitud necesaria, que se cose con roblones á los trozos que se han de empalmar (fig. 49). Otras veces se colocan dos cubrejuntas una por cada lado (fig. 50).

Consideremos el primer caso, y supongamos, para fijar las ideas, que la chapa esté sometida á una tensión. En ab queda interrumpida la placa y hay que restablecer por

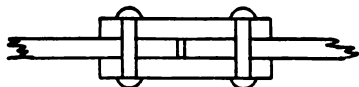


Fig. 50.

medio de la cubrejunta y de los roblones su resistencia, que es proporcional al área de la placa, ó sea, su espesor multiplicado por el ancho. Los roblones tienden á ser cortados según su sección recta en el plano cd , y por lo tanto, la suma de las áreas multiplicada por la resistencia al esfuerzo cortante deberá ser igual al área de la sección de la chapa multiplicada por la resistencia á la tensión. Si llamamos S á la suma de las áreas de las secciones rectas de los roblones, R_c á la resistencia al esfuerzo cortante, s á la sección de la chapa y R_t a la resistencia á la tensión, tendremos.

$$SR_c = sR_t$$

de donde

$$S = s \times \frac{R_t}{R_c}.$$

Se admite en la práctica, como dato de experiencia, $\frac{R_t}{R_c} = \frac{3}{2}$ luego

$$S = \frac{3}{2} s.$$

En el segundo caso (fig. 50), se ve que cada roblón resiste por dos secciones; por consiguiente, el área S deberá ser la mitad que en el primer caso; bastará un número de roblones igual á la mitad, suponiendo que tengan igual diámetro.

En los puentes, el diámetro de los roblones que se emplean en las piezas principales suele ser de 18, 20, 22 ó 25 mm. de diámetro, y la áreas de las secciones rectas correspondientes son 254, 314, 380 y 490 mm.² Las chapas de palastro tienen espesores que varían de 8 á 20 mm.

Supongamos que se trata de empalmar dos chapas de 10 mm. de espesor y 500 de ancho con roblones de 20 mm.

Tendremos

$$s = 10 \times 500 = 5.000$$

y

$$S = \frac{3}{2} \times 5.000 = 7.500 \text{ mm.}^2$$

El número de roblones necesario suponiendo que se emplee una sola cubrejunta, será $\frac{7.500}{314} = 25$ roblones, forzando una unidad, puesto que el resultado ha de ser entero. Claro está que la cubrejunta ha de tener la misma sección que las chapas empalmadas.

Otro problema relativo al roblado se presenta muy frecuentemente en la práctica. Supongamos que se trata de enlazar un alma vertical de 8 mm. de espesor con una chapa horizontal de 10 que forma la cabeza de una viga, por medio de dos hierros de ángulo roblados á ambas chapas (figura 51). Va-

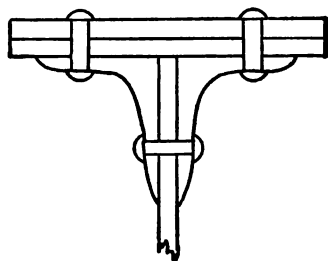


Fig. 51.

mos á determinar el número de roblones necesario por metro lineal en las uniones con el alma y con las cabezas.

En la unión del alma con los hierros de ángulo, los roblones habrán de tener una resistencia equivalente á la del alma en 1 m. de longitud, y, por lo tanto, tendremos $s = 8 \times 1.000 = 8.000 \text{ mm.}^2$; luego

$$S = \frac{3}{2} \times 8\,000 = 12.000 \text{ mm.}^2$$

Si adoptamos roblones de 22 mm., cuya área es de 380 mm.^2 , su número será, observando que trabajan á doble sección,

$$\frac{12.000}{2 \times 380} = 17 \text{ por metro lineal.}$$

Para la unión de los hierros de ángulo con las chapas de la cabeza, se emplean generalmente roblones de igual diámetro y en número igual, para cada cantonera, al que sirve para la unión del alma y de los hierros de ángulo.

Terminaremos lo relativo al roblado indicando algunas reglas prácticas que deben tenerse presentes al estudiar los proyectos.

1.º El diámetro de los roblones debe ser, por lo menos, doble del espesor de las chapas que se trata de coser.

2.º La separación de eje á eje de los roblones no debe exceder de cinco veces su diámetro. En ningún caso ser mayor de 0,10 metros.

3.º La distancia entre el eje del roblón y el borde de la hoja de palastro debe ser, por lo menos, dos veces y media su diámetro.

4.º El límite del espesor total de las hojas de palastro que se pueden unir en buenas condiciones es 120 mm.

ESTUDIO GENERAL DE LOS ARRIOSTRAMIENTOS.

Objeto de los arriostramientos.—Los cuchillos principales de un puente metálico, que presentan una base de apoyo estrecha relativamente á su altura, no tienen, por sí mismos, condiciones de estabilidad, y, aún estando enlazados por el piso, podría ser volcado el puente, ó por lo menos, sometidas algunas

de sus piezas á un trabajo excesivo por efecto de ciertos esfuerzos horizontales, de los cuales el principal es el producido por el viento. Los arriostramientos, ó enlaces de los cuchillos principales entre sí, tienen por objeto oponerse á estas acciones. Se distinguen dos clases de arriostramientos: los horizontales y los transversales.

Si el piso está en la parte inferior y la altura de las vigas excede de ciertos límites, se forma, á la altura de las cabezas superiores, un entramado ó viga horizontal que enlaza los cuchillos principales. Este entramado y el piso constituyen una especie de puente con las vigas horizontales, que se halla con relación á los esfuerzos producidos por el viento en condiciones semejantes á las de los cuchillos principales relativamente á las cargas. Para poder emplear esta disposición, es preciso que quede debajo del arriostramiento espacio suficiente para el tránsito. Si el piso está en la parte superior ó intermedia, se establece el arriostramiento horizontal á la altura de las cabezas inferiores, consiguiéndose el mismo resultado que en el caso anterior.

Supongamos que el piso está en la parte superior (fig. 52) y que, en el plano vertical de una vigueta ab , existe, á la altura de las cabezas inferiores, una riostra transversal cd . La sección transversal del puente tiene la forma de un rectángulo formado por estas dos piezas y por las almas verticales de los cuchillos, y se comprende que la acción del viento,

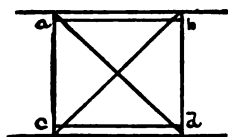


Fig. 52.

soplando horizontalmente y normalmente al eje del puente, tiende á deformar este rectángulo convirtiéndole en un paralelogramo. Para hacer imposible esta deformación, es menester triangular la sección transversal añadiendo ciertas piezas, según las diagonales, por ejemplo, que forman una cruz de San Andrés. Cuando la deformación que hemos mencionado tienda á producirse, estas piezas desarrollarán esfuerzos de tensión ó de compresión que se pueden calcular, y

se opondrán al movimiento, puesto que ahora la sección transversal se compone de triángulos indeformables.

Tal es el objeto de los arriostramientos transversales. Como ambas clases de arriostramientos tienen por objeto oponerse á los esfuerzos transversales, y de éstos el más importante es el producido por el viento, antes de estudiar las disposiciones y cálculos de las piezas de arriostramiento, vamos á indicar las reglas que se usan para valuar los esfuerzos producidos por el viento.

VALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS PRODUCIDOS POR EL VIENTO.

A fin de poder tener en cuenta el esfuerzo producido por el viento en el cálculo de los arriostramientos, se ha reducido su acción efectiva á una presión uniformemente repartida á razón de un cierto número de kilogramos por metro cuadrado, lo mismo que se hace cuando se trata de las cargas móviles. A consecuencia de la catástrofe ocurrida en el viaducto de Tay (Escocia), que fué derribado por el viento por insuficiencia de los arriostramientos, se hicieron en Inglaterra minuciosos estudios, que demostraron la necesidad de tener en cuenta, al proyectar puentes metálicos, la influencia del viento, cuya importancia verdadera se había desconocido hasta entonces. Actualmente todos los ingenieros admiten como base de estos cálculos una presión de 270 kilogramos por metro cuadrado, como máximo correspondiente á un viento huracanado. Sin embargo, no puede admitirse que esta presión máxima se realice estando cargado el puente con trenes, pues la circulación es imposible desde el momento en que la presión del viento excede de 170 kg. por m.² Deben estudiarse, por consiguiente, dos hipótesis, y calcular los arriostramientos con arreglo á la más desfavorable, valuando: 1.º, el esfuerzo total que ejerce contra el puente descargado un viento equivalente á una presión de 270 kg. por m.², y 2.º, el correspondiente al puente cargado con un tren, en el supuesto de que la intensidad del viento equivalga á 170 kg. por m.²

Valuación de la superficie á que se aplica la presión del viento.—Las reglas relativas á la valuación de los esfuerzos debidos al viento y á la superficie á que se aplican, se encuentran en el art. 10 de la Instrucción vigente, que copiamos á continuación:

ESFUERZOS DEBIDOS AL VIENTO.

1.º La acción del viento se computará como una fuerza uniformemente repartida á razón de 270 kg. por m.² cuando el puente se suponga descargado, y de 170 si se supone cargado, y se estudiarán los esfuerzos que corresponden á cada pieza en la más desfavorable de ambas hipótesis.

2.º Se supondrán los esfuerzos indicados en el párrafo anterior aplicados á la superficie efectiva que presente el primer cuchillo, y á la superficie del segundo con una reducción que depende de la relación de los huecos de las mallas al área comprendida dentro del contorno total de la cercha con arreglo á los coeficientes que figuran en el siguiente cuadro, y procediendo por interpolación rectilínea para los valores intermedios.

Relación de la superficie de los huecos de las mallas á la total comprendida dentro del contorno de la viga.	Coefficientes de reducción de la superficie efectiva expuesta al viento en la segunda viga.
0,40	0,20
0,60	0,40
0,80	1,00

Cuando haya tres ó más vigas se considerará como nula la acción del viento sobre la tercera y las subsiguientes:

3.º En el caso de las pilas metálicas, se supondrá aplicada la acción del viento á la superficie efectiva de cada uno de los entramados situados en planos perpendiculares á la dirección

del viento, sin las reducciones á que se refiere el párrafo anterior.

4.º El esfuerzo de 170 kg. por m.² correspondiente al caso en que el puente esté cargado, se aplicará á las vigas valuando su superficie como en el caso anterior, y á los vehículos, computando la superficie efectiva que presenten normalmente á la dirección del viento.

5.º En los puentes muy estrechos relativamente á su luz, caso que ocurre con frecuencia en los puentes de ferrocarril de simple vía, y sobre todo en los de vía estrecha, precederá comprobar la estabilidad del conjunto de la construcción, asegurándose de que no será posible el vuelco bajo la acción del viento.

Repartición del esfuerzo del viento y determinación del esfuerzo correspondiente á cada nudo.—Determinado el esfuerzo que obra sobre cada cuchillo, es menester estudiar cómo se reparte entre los dos entramados horizontales que han de resistirlo. Si las vigas son simétricas respecto á un eje horizontal, y se considera el caso del puente descargado, es natural repartir por igual el esfuerzo del viento entre ambos entramados, suponiendo que se hallen á la altura de las cabezas de las vigas principales. Pero, cuando se considera el puente cargado con un tren, éste recibe el primer impulso del viento y se transmite inmediatamente al piso; y, como el viento obra por impulsiones instantáneas, muchas veces no llega á repartirse entre los dos arriostramientos horizontales como si fuera una carga estática; por esta razón se admite generalmente que el piso resiste una porción mayor que el arriostramiento, y la regla práctica que se suele aplicar consiste en repartir por igual entre los dos entramados horizontales el esfuerzo aplicado á la viga, y suponer que se aplica al piso todo el que obra sobre el tren.

Conociendo de este modo el esfuerzo por metro lineal correspondiente al entramado de arriostramiento, como éste es siempre una viga de grandes mallas en que las piezas concurren

en determinados puntos de las cabezas, llamados *nudos* ó *articulaciones*, se calcula la carga correspondiente á cada nudo, suponiendo que ha de resistir el esfuerzo de las dos medias mallas contiguas. Se entiende por malla la distancia entre dos nudos.

Disposición general del arriostramiento horizontal.—El arriostramiento horizontal, juntamente con el piso, constituyen los dos entramados horizontales destinados á resistir al viento. El piso tiene siempre resistencia sobrada para este objeto, y únicamente puede haber necesidad, en algunos casos, de enlazar las viguetas entre sí por tirantes oblicuos, llamados *contravientos*, formando cruces de San Andrés.

El otro arriostramiento horizontal se constituye generalmente con piezas transversales rígidas que trabajan por compresión, á distancias que no difieren mucho del ancho de puente, y cruces de San Andrés según las diagonales de los recuadros que forman las cabezas de las vigas principales con las riostras transversales. Las diagonales están sometidas á tensión.

En resumen, el arriostramiento horizontal constituye, con las cabezas de las vigas principales, una viga horizontal de grandes mallas sometida á esfuerzos que sabemos valuar, y el cálculo de sus diferentes piezas es problema que hemos de estudiar con detalle en su lugar oportuno. Después de hecho este estudio, resultarán más claras algunas consideraciones relativas al arriostramiento horizontal, cuyo desarrollo aplazamos por esta razón.

En los puentes de luces inferiores á 20 m. no hace falta desarrollar estos cálculos, porque la consideración del esfuerzo del viento conduce á dar á las piezas del arriostramiento dimensiones inferiores á las que deben adoptarse en la práctica. En este caso los arriostramientos se fijan por comparación con otros puentes, y para ello existen innumerables ejemplos.

VIGAS DE CELOSÍA DE GRANDES MALLA.

Definiciones.—Se llama viga ó sistema articulado á una viga compuesta de una serie de barras ensambladas en sus extremos formando una red de triángulos unidos unos á otros por un lado común. En un principio sólo se admitía para formar estos sistemas un ensamblaje que constituía una verdadera articulación, permitiendo el giro relativo de las barras en su plano, y éste es el sistema que se sigue usando en América. Pero posteriormente se ha admitido el ensamblaje ordinario de roblones, sin perjuicio de considerarlo para el estudio de la estabilidad como una verdadera articulación, y la experiencia ha demostrado que no ofrece inconvenientes esta hipótesis.

Un sistema así dispuesto es un sistema simple ó estrictamente indeformable bajo la acción de pesos que se suponen siempre concentrados en los nudos ó articulaciones. Tiene las barras necesarias para el equilibrio, porque el giro que permite la articulación no puede verificarse por oponerse á él la invariabilidad de la longitud de las barras, y la forma triangular, y por lo tanto, indeformable de cada malla; y toda línea ó barra que se añadiese, según una diagonal del polígono del contorno, sería superflua ó inútil para el equilibrio, é introduciría una indeterminación en la distribución de los esfuerzos.

Los sistemas simples que debemos considerar para el estudio de las vigas llamadas de grandes mallas, se reducen á tres.

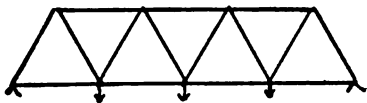


Fig. 53.

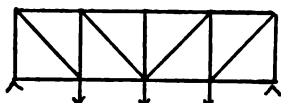


Fig. 54.

1.º El sistema de triángulos isósceles, conocido con el nombre de sistema Warren (fig. 53).

2.º El de triángulos rectángulos compuestos de lados verticales comprimidos y diagonales estiradas, sistema Pratt (fig. 54).

3.º El de triángulos rectángulos con los lados verticales estirados y las diagonales comprimidas, sistema Howe (fig. 55).

El último sólo se emplea en los puentes de madera.

En las figuras se ha supuesto que las cargas están uniformemente repartidas en toda la viga y que obran concentradas en todos los vértices inferiores. Más adelante veremos las modificaciones necesarias cuando las cargas pueden obrar solamente en algunos de los vértices, como sucede en los puentes.

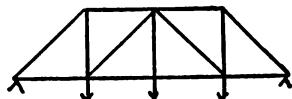


Fig. 55.

Estos sistemas simples, tal como los acabamos de definir, rara vez pueden emplearse en la práctica. Los sistemas de grandes mallas se usan para luces de alguna consideración, y las alturas que se asignan á estas vigas son superiores á las que hemos indicado para las vigas de alma llena y de celosía ordinaria, estando comprendidos entre $\frac{1}{8}$ y $\frac{1}{6}$ de la luz.

Por otra parte, las viguetas sólo pueden colocarse en los nudos ó articulaciones, puesto que es condición indispensable para que las barras sólo sufran tensiones ó compresiones, que todas las cargas se transmitan á las vigas por los nudos. Resulta de aquí que generalmente habrían de estar las viguetas demasiado separadas, exigiendo, por lo tanto, las viguetas y los largueros, dimensiones excesivas.

Para salvar esta dificultad y poder aproximar más los nudos, se han ideado dos soluciones.

La primera consiste en introducir nuevas barras, pero disponiéndolas de modo que no introduzcan indeterminación, constituyendo las llamadas vigas *complejas*.

Se comprenderá esto fácilmente con un ejemplo. Supongamos una viga Warren (fig. 56) que debe sostener el piso á la altura de la cabeza superior. Se habrán de disponer las viguetas en las articulaciones *a*, *b*, *c*, *d*, resultando en general

demasiado separadas, pues basta que la luz sea de 30 metros para que la separación de las viguetas sea de 10.

Si añadimos los montantes m' , podremos reducir la separación á la mitad colocando viguetas en los puntos m' , y las

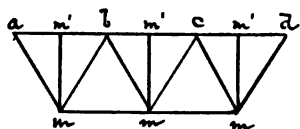


Fig. 56.

cargas correspondientes á estas viguetas se transmitirán por los montantes á las articulaciones inferiores que quedarán cargadas con iguales pesos que las superiores. Se ve que el sistema se

podrá calcular lo mismo que el de la figura 53, con la sola diferencia de que repartirán las cargas entre todas las articulaciones, y los montantes deberán tener una sección suficiente para resistir por compresión la carga que corresponde á una articulación.

En América se emplean mucho las vigas complejas, y uno de los sistemas más aceptados, es el sistema Pettit. Se deriva del sistema Pratt mediante la adición de montantes intermedios entre los principales, de una altura igual á la mitad de la de éstos, y cuyo extremo inferior se sostiene por la diagonal correspondiente, y de un tirante que va á parar á la articulación inmediata (fig. 57).

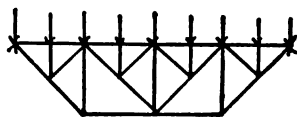


Fig. 57.

La segunda solución consiste en intercalar, entre los nudos del sistema simple que sirve de base, otro ú otros sistemas iguales, conforme al principio de los sistemas múltiples, ya explicado al tratar de las celosías ordinarias. Así la viga de la figura 91,* que nos ha servido de base para derivar de ella las vigas de celosía ordinaria de diversos órdenes, se puede considerar como la superposición de los vigas Warren de triángulos equiláteros. La figura 92* proviene de la superposición de tres sistemas simples, y así sucesivamente. Se

* Not reproduced.

suponen las cargas distribuídas por igual entre los sistemas componentes, y se ve que las celosías ordinarias pueden calcularse fácilmente una vez conocido el cálculo del sistema simple. Sin embargo, en la práctica se prefiere el método de cálculo explicado en el capítulo anterior, que es más breve en el caso en que el número de sistemas simples superpuestos excede de ellos.

En las vigas de grandes mallas, cuyo cálculo se lleva á cabo considerándolas compuestas de varios sistemas simples, se atiende más estrictamente para su composición á las indicaciones teóricas que en las vigas de celosía ordinaria. Así, en estas últimas, generalmente se roblan entre sí las barras de los dos sistemas en sus cruzamientos, mientras que, en las de grandes mallas, se dejan siempre independientes. En éstas, las barras comprimidas son siempre perfiladas y las estiradas chapas planas, mientras que, en las ordinarias, no se establece siempre esta distinción, existiendo puentes en que todas las barras son perfiladas, y otros en que todas son chapas planas. Pasemos ya á exponer los principios generales del cálculo de las vigas simples, para aplicarlos luego á un corto número de tipos simples ó múltiples que se usan ya frecuentemente en todas las naciones de Europa.

De los diversos métodos que pueden aplicarse á estas vigas, elegiremos el de Ritter, que se reduce á la aplicación inmediata de las ecuaciones de equilibrio de la Estática, y es quizás el más fácil de comprender; el cálculo numérico en los casos prácticos, es asimismo, rápido y sencillo.

GENERALIDADES ACERCA DE LAS VIGAS DE VARIOS TRAMOS

Planteamiento del problema.—Hasta ahora hemos considerado únicamente vigas que insistían por sus extremos en dos apoyos, y, en este caso, nos ha sido fácil determinar las reacciones de aquéllos, una vez conocida la disposición de las

cargas, habiéndonos bastado, para ello, aplicar las ecuaciones del equilibrio que suministra la Estática.

Pero si la viga se apoya en más de dos puntos, aquellos teoremas no bastan para determinar las reacciones de los apoyos. En efecto, en este caso, las reacciones desconocidas son tres ó más, y la Estática sólo da dos ecuaciones, á saber, la de las proyecciones sobre una vertical, cuya suma algebraica debe ser cero, y la de los momentos alrededor de un punto cualquiera del plano, cuya suma algebraica debe ser también cero. Y desde el momento que hay tres fuerzas indeterminadas, aquellas dos ecuaciones pueden ser satisfechas por una infinidad de sistemas de fuerzas aplicadas á los tres apoyos; en otros términos, el problema es indeterminado.

La siguiente consideración lo hará ver claramente. Consideremos una viga apoyada únicamente por sus extremos, y en equilibrio bajo la acción de ciertas cargas. La fibra neutra tomará una forma curva, cóncava hacia arriba, y si suponemos que las cargas son simétricas respecto á la sección media de la viga, en esta sección se hallará la flecha máxima ó la mayor distancia de la fibra neutra deformada á la primitiva, representada por la horizontal que une los puntos de apoyo.

Supongamos que coloquemos en el punto medio un nuevo apoyo; si está suficientemente bajo para que no se modifique la flecha, el equilibrio de la viga no se alterará; pero elevemos el apoyo ejerciendo una presión de abajo hacia arriba, y la flecha irá disminuyendo hasta anularse; si seguimos aumentando el valor de este esfuerzo, la curva de la fibra neutra llegará á rebasar la horizontal de los apoyos y aumentará la flecha hacia arriba hasta que la viga llegue á levantarse, ó si se impide este movimiento, á romperse bajo la acción de este esfuerzo.

Todos los valores por que ha pasado la reacción del apoyo intermedio, entre cero y el que ha determinado la rotura de la viga, han permitido el equilibrio, satisfaciendo siempre á las dos ecuaciones antes citadas.

Con mayor razón existe la indeterminación que señalamos cuando, en vez de uno solo, hay varios apoyos intermedios, y la viga queda dividida en tres ó más tramos.

Se han ideado diversos procedimientos de cálculo para salvar esta dificultad. El que se ha adoptado en la práctica consiste en determinar, no las reacciones sobre los apoyos, sino los momentos de flexión. Veremos que, una vez conocidos los momentos de flexión sobre los apoyos, es fácil deducir los momentos de flexión y los esfuerzos cortantes correspondientes á un punto cualquiera de la viga.

GENERALIDADES ACERCA DE LOS PROYECTOS DE PUENTES.

Bases generales de un proyecto.—El estudio de un proyecto de puente se debe empezar fijando ciertos datos fundamentales, como son: la elección del emplazamiento, la fijación del desagüe, la elección entre los puentes de fábrica y los metálicos, la altura de la rasante, el ancho del puente, la determinación de las luces más convenientes y la elección de sistema.

Prescindiremos de algunas de estas cuestiones, que se resuelven por consideraciones ajenas al objeto de este libro; en este caso se hallan la elección del emplazamiento, la determinación del desagüe, la de la altura de la rasante y del ancho del puente.

La elección del emplazamiento se funda principalmente en las circunstancias del terreno relativas á la facilidad para la cimentación en buenas condiciones de solidez y economía, y en las que se refieren al régimen de la corriente y á la firmeza del cauce en la sección en que se ha de construir la obra. La elección de emplazamiento está también relacionada con el trazado de la vía en las inmediaciones.

La fijación del desagüe es un problema indeterminado de Hidráulica. La altura de la rasante se fija de modo que entre las máximas avenidas y la clave en los puentes de

fábrica, ó las partes más bajas de los tramos en los puentes metálicos, quede un huelgo suficiente para permitir el paso de los cuerpos flotantes que el río puede arrastrar en las crecidas. Este huelgo varía entre 1 y 3 m. en los puentes de fábrica, y entre 1 y 2 m. en los puentes metálicos. Debe acercarse tanto más al límite superior, cuanto mayor sea el peligro de que el río arrastre grandes cantidades de cuerpos flotantes en las crecidas, cuanto más torrencial sea su régimen y mayor la incertidumbre respecto á la altura que alcanzan las máximas avenidas.

El ancho del puente depende del objeto á que se destina, y en su determinación deben tenerse presentes las reglas contenidas en los artículos 22, 23 y 25 de la Instrucción.

En los puentes para carreteras, se reduce á veces el ancho á lo preciso para que se crucen dos carruajes con la holgura necesaria, y, por consiguiente, depende de la clase de vehículos que circulan en la localidad.

Las demás cuestiones enumeradas dependen más directamente de los cálculos de resistencia, y vamos á examinarlas con algún detenimiento, porque son muy importantes para llegar á una solución acertada; y para facilitar el estudio detallado que debe hacerse en cada caso, conviene conocer algunas reglas generales que evitan, en muchas ocasiones, tanteos y estudios comparativos que aumentarían inútilmente el trabajo.

Elección entre los puentes de fábrica y los metálicos.— Limitándonos á los sistemas de uso frecuente, se debe decidir si el puente ha de ser de fábrica ó metálico, y la elección recae casi siempre en la obra más económica, á no ser que la diferencia de coste sea de poca importancia, porque en este caso se debe dar la preferencia al puente de fábrica, por ser mucho mayor su duración y menores los gastos de conservación.

Algunas consideraciones generales pueden servir de guía para verificar esta elección, evitando muchas veces el estudio de presupuestos comparativos.

La elección depende principalmente de las luces que convenga adoptar y del precio de las fábricas, el cual es muy variable en las diversas localidades. Las luces que conviene adoptar dependen, á su vez, de las dificultades de la cimentación y del régimen del río.

Así, si los cimientos son fáciles, las avenidas de poca importancia y las fábricas baratas, convendrá, en general, el puente de fábrica, porque se podrán adoptar luces pequeñas. En cambio, cuando aumentan las dificultades de la cimentación, conviene reducir el número de apoyos, aumentando las luces; y cuando éstas exceden de cierto límite, el coste del puente de fábrica aumenta rápidamente, llegando á ser más económico el puente metálico.

Puede decirse que existe siempre un límite de las luces tal, que para luces inferiores es más económico el puente de fábrica, y para luces superiores el puente metálico; pero este límite no es una cifra fija, sino variable, puesto que depende del precio de las fábricas y del de la tonelada de hierro en la localidad en que se ha de construir el puente; y estos precios, especialmente el primero, son muy variables.

En general, cuando las luces exceden de 25 m., resulta casi siempre más económico el puente metálico, y esto explica que cada vez sea menos frecuente la construcción de grandes arcos de fábrica, limitándose su aplicación á los casos en que las consideraciones económicas son secundarias y se desea una obra monumental y duradera, que no es lo general en la práctica ordinaria del Ingeniero.

También conduce á veces á dar la preferencia al puente metálico, la insuficiencia de la altura de la rasante sobre las máximas avenidas, ó la compresibilidad del terreno en que se ha de cimentar la obra, pues es evidente que una estructura metálica se halla en mejores condiciones para soportar un asiento de alguna consideración en los apoyos.

Cuando estas consideraciones generales y la experiencia del Ingeniero que estudia el proyecto no son suficientes para

decidir esta cuestión con la seguridad necesaria, no hay más remedio que hacer un estudio comparativo, redactando abreviadamente los dos presupuestos.

Distribución de las luces en los puentes de fábrica.—Una vez conocido el desagüe lineal, ó sea la longitud total de los claros, es preciso estudiar cuáles son las luces que se deben adoptar para que el puente resulte lo más económico posible. Como hemos indicado en el párrafo anterior, depende esto principalmente de las dificultades de la cimentación. Pero, como en los puentes de fábrica el número de soluciones aceptables es generalmente muy limitado, la elección se reduce á un estudio comparativo entre dos ó tres soluciones.

Por ejemplo, si el desagüe lineal ha de ser de 60 m., podrán admitirse las soluciones siguientes: 6 arcos de 10 m., 3 arcos de 20 m., y las intermedias con 4 ó 5 arcos (teniendo en cuenta que los arcos deben ser iguales).

Se prescinde de las soluciones que requieren arcos de menos de 10 m., que no serán generalmente aceptables, porque aumentan mucho la contracción de la corriente y alteran notablemente su régimen; además, resultarán ordinariamente más costosas que los 6 arcos de 10 metros, por aumentar el número de cimientos.

También se puede prescindir desde luego del estudio de dos arcos de 30 m. porque éstos serán ya muy costosos (en caso de ser ésta la mejor solución, se hubiera preferido probablemente un puente metálico), y, además, obligaría á elevar mucho la rasante, lo cual aumentaría también en grandes proporciones el coste.

El problema se reduce, por lo tanto, á comparar las cuatro soluciones indicadas, y especialmente las dos extremas con arcos de 10 y 20 metros; para ello, basta valuar alzadamente los dos presupuestos, prescindiendo provisionalmente del coste de los cimientos.

Esta valuación alzada se hace cubicando aproximadamente las dos obras y aplicando al metro cúbico de fábrica un precio

medio que represente próximamente el término medio del precio de las diversas fábricas que se han de emplear. Además, para tener en cuenta el mayor coste de las fábricas de los paramentos, se valúa la superficie de todos los paramentos vistos y se le aplica un precio medio que represente un término medio de aumento que exige esta clase de fábrica.

Si adoptamos como precio medio del metro cúbico 25 pesetas y 5 pesetas para el del metro cuadrado de paramento, llamando V al volumen total de fábricas de la primera solución, S á la de superficie de los paramentos y C al coste de la obra, y prescindiendo de los cimientos, tendremos.

$$C = 25 V + 5 S$$

Del mismo modo, llamando C' , V' y S' á los elementos correspondientes á la segunda solución, el coste de ésta será

$$C' = 25 V' + S'.$$

Si C' es menor que C , desde luego esta segunda solución será preferible. Aunque sea mayor, será preferible esta misma si la diferencia es pequeña, porque la primera exige la construcción de cinco pilas en vez de dos, con sus correspondientes cimientos, y al tener en cuenta el coste de este aumento de tres cimientos, se invertirá probablemente la diferencia; además, si el coste total difiere muy poco, debe preferirse también la segunda solución, porque altera menos el régimen de la corriente.

Fácil será juzgar, por el coste de estas dos soluciones, si podrá ser más ventajosa alguna de las intermedias.

En resumen, la determinación de las luces más convenientes en los puentes de fábrica, se reduce generalmente á una comparación entre dos, ó á lo más tres soluciones.

INSTRUCCIÓN PARA LA REDACCIÓN DE PROYECTOS DE PUENTES METÁLICOS.¹

ARTÍCULO 1º.

ESFUERZOS EXTERIORES QUE SE DEBEN CONSIDERAR EN LOS PROYECTOS DE PUENTES METÁLICOS.

Los puentes metálicos que se proyecten ó construyan desde que se publique la presente Instrucción, deberán hallarse en condiciones de soportar, sin que ninguna de sus piezas desa-

(1) He aquí el texto de la Real orden:

"Ilmo.* Sr.: Para la redacción de los proyectos de construcción de puentes de hierro en las carreteras, rige en la actualidad el modelo de pliego de condiciones que se aprobó por Real orden de 16 de Julio de 1878, con algunas adiciones que se dictaron en la de 23 Abril de 1893 relativas á calidad de hierros, aceros y coeficientes de resistencia.

Hace tiempo se reconoció la necesidad de introducir modificaciones y suplir las deficiencias que se habían advertido en el expresado pliego; y, con tal objeto, se nombró, en 4 de Febrero de 1896, una Comisión encargada de revisarle en la parte concerniente á los puentes de carreteras, y se acordó, en 16 de Abril siguiente, que el estudio se hiciera extensivo á los de ferrocarriles.

La expresada Comisión, presidida por el Ilmo, Sr. D.† José Álvarez Núñez, Inspector general de primera clase, y compuesta de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puerto don Seraffn Freart, D. Pelayo Mancebo, D. Guillermo Petit, D. Alfredo Mendizábal y D. Luis Gaztelu, formuló entonces los trabajos principales; pero se suspendieron porque á la sazón se ocupaba la Junta Consultiva en la modificación de los formularios de proyectos de carreteras, y se creyó que el resultado podía ejercer influencia en los que practicara la Comisión.

Cuando se conoció el alcance de las alteraciones propuestas por la extinguida Junta, y que no afectaban á los trabajos encomendados á la mencionada Comisión de puentes de hierro, se consideró indispensable, en 26 de Febrero de 1900, reanudar las operaciones interrumpidas con el mismo personal que antes la constituía, pero bajo la presidencia de don

* Ilmo.= ilustrísimo.

† Sr. D.= Señor Don.

rolle tensiones ó compresiones superiores á los coeficientes de resistencia que se especifican en el capítulo 2.º:

1.º Su peso propio.

2.º Una sobrecarga, que se define para los diversos casos en los artículos siguientes.

3.º Los esfuerzos debidos al viento, á las variaciones de temperatura y los que accidentalmente pueden realizarse durante las operaciones de montaje.

ARTÍCULO 2º.

TREN-TIPO PARA PUENTES DE FERROCARRIL DE VÍA ANCHA Ó NORMAL.

En los proyectos de tramos metálicos para ferrocarriles de vía ancha ó normal, se admitirá como sobrecarga un tren que Pantaleón Gutiérrez, Subdirector de Obras públicas é Inspector del Cuerpo, en sustitución del Sr. Alvarez Núñez, que había sido jubilado.

Según el parecer del Consejo de Obras públicas, es de un mérito extraordinario la labor llevada á cabo, é importa mucho que sea conocida cuanto antes, para que sirva de guía á los Ingenieros que hayan de proyectar tramos metálicos á las fábricas que los construyan y á las empresas que los adopten.

La índole, sin embargo, de los documentos de que se compone requiere que se haga de ellos una tirada especial, y con la debida separación, porque se emplean muchas y complicadas fórmulas algebraicas y muchos planos detallados; así es que S. M.* el Rey (Q. D. G.) ha tenido á bien otorgar su aprobación á los mencionados documentos en la forma propuesta por esa Dirección general; disponer que se publique en la *Gaceta* la Instrucción propiamente dicha, con la supresión de los dibujos á que la misma se refiere, y el dictamen emitido por el Consejo de Obras públicas, como ampliación de aquélla; y, por último, que se den las gracias á los citados Inspectores é Ingenieros por el notable trabajo que han realizado.

De Real orden lo comunico á V. I.† para su cumplimiento y efectos oportunos. Dios guarde á V. I. muchos años, Madrid 25 de Mayo de 1902.—*Canalejas*.—Ilmo. Sr. Director general de Obras públicas."

* S. M.=Su Majestad.

Q. D. G.=Que Dios Guarde.

† V. I.=Vuestra Ilustrísima, (Excelencia being understood).

pueda ocupar cualquier posición sobre el tablero, y cuya composición es la siguiente:

1.º Para el cálculo de los momentos de flexión, el tren se compondrá de dos locomotoras de cuatro ejes motores orientadas en sentido contrario, seguidas de sus ténders correspondientes y de una serie indefinida de vagones, conforme al croquis; para el cálculo de cada sección, se supondrá situado el tren en la posición que corresponde al momento de flexión máximo en la sección considerada.

Los pesos y las dimensiones de los vehículos que componen el tren-tipo son los que figuran en el siguiente cuadro:

	Locomotora.	Ténder.	Vagón.
Número de ejes	4	3	2
Carga en cada eje	13 t.	10,5 t.	10,5 t.
Peso total	52 t.	31,5 t.	21 t.
Distancia del extremo anterior al primer eje	2,60 m.	1,20 m.	2 m.
Distancia entre ejes	1,20 m.	1,80 m.	3 m.
Distancia de último eje al extremo posterior	2,80 m.	1,70 m.	2 m.
Longitud total	9 m.	6,50 m.	7 m.

2.º Para el cálculo de los esfuerzos cortantes, el tren-tipo se compondrá de los mismos vehículos, formando un tren de doble tracción, es decir, con dos locomotoras y sus ténders á la cabeza, orientadas en el mismo sentido, conforme al esquema.

Para el cálculo de cada sección, se supondrá el tren situado de modo que se produzca en aquélla el máximo esfuerzo cortante.

3.º Si hubieren de circular por el puente trenes capaces de desarrollar momentos de flexión y esfuerzos cortantes más desfavorables que los definidos en los párrafos 1.º y 2.º del presente artículo, se modificará el tren-tipo según proceda.

ARTÍCULO 5°.

CARGAS EN LOS PUENTES PARA CARRETERAS.

Los puentes metálicos para carreteras deberán hallarse en condiciones de soportar, además de su peso propio: 1.°, una carga estática procedente de una acumulación de personas; 2.°, el paso, en cualquier sentido, de una ó más filas, según el ancho del puente, de vehículos de los más pesados que circulen en la localidad.

1.° La carga estática será de 400 kg. por m.² de piso, y se supondrá aplicada á las aceras y á la parte afirmada ó reservada á los vehículos.

Cuando se trate de puentes alejados de centros importantes de población, y cuyas luces excedan de 40 m., los autores de los proyectos podrán admitir cargas estáticas más pequeñas, sin que descendan nunca de 300 kg. por metro cuadrado, y justificando, en estos casos, las cargas que adopten.

2.° El tren-tipo para los puentes de carreteras se compondrá de una fila, no interrumpida, de vehículos de dos ruedas tirados por el número necesario de caballerías, enganchadas á reata. El peso del carro podrá variar según los casos, pero sin ser nunca inferior á 6.000 kg. Las caballerías se supondrán de un peso de 500 kg. aplicado al puente en la vertical del centro de gravedad de cada caballería, y se admitirá como distancia entre los centros de gravedad de dos caballerías consecutivas, 2,50 m. El croquis representa el tren-tipo de mínimo peso, compuesto de carros de seis toneladas tirados por tres caballerías. La distancia entre el eje del carro y el centro de gravedad de la mula de varas es de 2,75 m., y se supone esta misma distancia entre dicho eje y la caballería que forma la cabeza del tiro del vehículo siguiente.

Los trenes-tipos para carros de 7 y 8 toneladas se compondrán de igual modo, suponiéndolos tirados por cuatro y cinco caballerías respectivamente.

3.º Para el cálculo de los momentos de flexión, se hará variar la posición del tren en las diversas secciones, de modo que corresponda al momento de flexión máximo en la sección considerada.

4.º Para el cálculo de los esfuerzos cortantes, el tren-tipo se situará en una posición tal que desarrolle en la sección considerada esfuerzo cortante máximo.

5.º Cuando las acciones producidas por el tren-tipo sean mayores que las debidas á la sobrecarga estática, lo cual sucede cuando las luces son pequeñas, hasta un límite variable con el peso de los carros y la importancia de la sobrecarga estática, se deberán considerar tantas filas de vehículos como quepan en el ancho de la parte afirmada y, además, la sobrecarga estática que corresponda, según el párrafo 1.º del presente artículo, aplicada á las aceras ó á las partes de paseo no ocupadas por los vehículos.

ARTÍCULO 9º.

CARGAS PARA PUENTES DE TRAMOS RECTOS CONTINUOS.—CASOS DE EXCEPCIÓN DE LAS REGLAS PRECEDENTES.

Los artículos precedentes se refieren á los tramos rectos independientes. En los proyectos de puentes de tramos rectos continuos que insisten en varios apoyos, se podrán utilizar, para el cálculo de los momentos de flexión, los cuadros correspondientes de los artículos 6.º, 7.º y 8º, examinando las diversas combinaciones de sobrecargas que producen los momentos máximos.

Para el cálculo de los esfuerzos cortantes, se admitirá como carga, en el tramo que se considera, la que resulte del cuadro correspondiente de las cargas uniformes para el cálculo de los esfuerzos cortantes, y en los demás tramos que se hayan de suponer cargados simultáneamente al estudiar las combinaciones más desfavorables, las que se consignan en los cuadros de cargas para los momentos de flexión.

2.° En los proyectos de puentes, cuyas luces sean inferiores ó superiores á las que figuran en los cuadros y en los puentes de arco, de ménsulas (cantilevers) ú otros sistemas especiales que no son de uso corriente, se admitirán como sobrecargas las definidas en los artículos 2.°, 3.°, 4.° y 5.°, siempre que estén destinadas á dar paso á un ferrocarril de vía normal, de vía estrecha de un metro ó de una carretera.

Si los autores de los proyectos desean emplear cargas uniformes en los cálculos, deberán justificar en cada caso la equivalencia de las que adopten con los trenes-tipos correspondientes.

3.° Cuando se trate de puentes destinados á servicios especiales no previstos en los artículos precedentes, como ferrocarriles mineros de anchos diversos, puentes para tranvías, puentes-canales, etc., los Ingenieros deberán justificar en cada caso particular las cargas que adopten.

4.° Debe entenderse que las cargas uniformes, equivalentes á los diversos trenes-tipos, sólo serán aplicables al cálculo de las vigas principales; las viguetas, largueros y demás piezas de los pisos, se calcularán siempre con arreglo á las cargas máximas efectivas que puedan obrar sobre esas piezas en las condiciones más desfavorables. En todo caso, estas piezas deberán poder soportar el paso de un eje aislado de 18 toneladas en los ferrocarriles de vía ancha, y de 12 en los de vía estrecha de 1 metro.

ARTÍCULO 16.

ENSAYOS É INSPECCIÓN.

Para comprobar la buena calidad de los materiales y su preparación esmerada, se designará un Ingeniero, encargado de la inspección de la obra en los talleres donde se ejecute, cuya misión consistirá en vigilar el cumplimiento de todas las condiciones anteriores, las que figuren en el pliego de con-

diciones facultativas del proyecto y las que se expresan á continuación:

1.º La calidad del metal deberá ser la estipulada en el pliego de condiciones. Para cerciorarse de ello, el Ingeniero encargado de la vigilancia dispondrá que se preparen probetas para ensayos mecánicos, sacándolas de los hierros y aceros correspondientes á cada uno de los perfiles que se empleen; estas probetas serán ensayadas á su vista, cuando en los talleres se disponga de los medios necesarios, y, en caso contrario, serán remitidas al Laboratorio central de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

De cada perfil se sacarán dos probetas, cuando fundadamente se pueda suponer que no varía la calidad del metal en toda la partida; en caso contrario, se sacarán tantos pares de probetas como calidades distintas se puedan presumir.

Para completar el conocimiento de las condiciones de material, se harán reconocimientos químicos y microscópicos. Si ocurre alguna duda respecto á los ensayos mecánicos, se remitirán las probetas necesarias al Laboratorio central.

Los aceros dulces no deberán adquirir temple por enfriamiento brusco desde el rojo oscuro, ni serán agrios en frío.

El Ingeniero encargado de la inspección deberá asegurarse, mediante ensayos directos, del cumplimiento exacto de todas las condiciones precedentes.

2.º Todas las piezas deberán ajustarse, lo más exactamente posible, á las formas y dimensiones asignadas en el proyecto.

3.º Los orificios de los roblones se perforarán con la mayor exactitud en la posición debida, y cuando se trate de aceros y se haga uso del punzón, se alisarán en un espesor de un milímetro por lo menos.

4.º El roblado en los talleres se ejecutará con el mayor esmero, y se cuidará de que las piezas cosidas queden en condiciones adecuadas para su transporte á la obra.

ARTÍCULO 19.

PRUEBAS DE LOS PUENTES PARA FERROCARRILES.

1.º El tren que ocupe todo el tramo en las pruebas de carga estática se dispondrá en la forma simétrica definida en el párrafo primero de los artículos 2.º y 3.º para determinar los momentos de flexión; los que ocupen longitudes parciales se formarán con las dos máquinas á la cabeza, conforme á lo prescrito en los párrafos segundos de los mismos artículos.

2.º En los tramos de luces comprendidas entre 7 y 15 m., podrá reducirse la prueba estática á la carga de luz total.

3.º El tren para la prueba de los tramos solidarios ó vigas continuas se compondrá con las dos máquinas á la cabeza, y para la primera serie de pruebas, el tramo inmediato al que se observe podrá estar cargado sólo con vagones; pero se cuidará especialmente de que el peso de éstos no sea inferior á 3 toneladas por metro lineal en los puentes para ferrocarriles de vía ancha y á 2,66 en los de vía estrecha de un metro.

4.º Las pruebas estáticas ó de peso muerto se verificarán por medio de un tren que se aproxime todo lo posible al tren-tipo definido en los artículos 2.º y 3.º, y en todo caso compuesto con el material más pesado que haya de circular por la línea.

5.º En el caso de un tramo recto independiente de más de 15 m. de luz, el tren se colocará, cuando menos, en tres posiciones: primera, cubriendo toda la luz; segunda, cubriendo la mitad de la luz, y tercera, en una posición intermedia entre las dos anteriores. En cada una de estas posiciones el tren permanecerá media hora, si bastante antes de finalizar este plazo ha cesado toda indicación de aumento de la flecha ó del esfuerzo en las diversas piezas.

6.º Cuando se trate de tramos solidarios, se procederá á cargarlos separadamente: primero, en la mitad de su longitud; segundo, en toda ella, y tercero, por grupos de dos tramos

contiguos á cada uno de los apoyos intermedios y cargados en toda su longitud.

Para la primera serie de pruebas, se procurará tener á la vez cargado en toda su extensión el tramo de mayor luz inmediato á uno de los dos contiguos al que se está probando.

7.º En los puentes de arco, después de haber sido cargados en toda la amplitud de su luz, y en su mitad, como en el caso de los tramos rectos, se hará otra prueba concentrando los pesos de dos locomotoras sobre los riñones del arco.

8.º Para los puentes de pescante (cantilevers) y otros de sistemas excepcionales, las pruebas deberán ser objeto de un artículo especial del pliego de condiciones facultativas del proyecto, y, en su defecto, se fijarán oportunamente por el Ministerio de Obras públicas.

9.º Las pruebas dinámicas se verificarán por medio del mismo material, y dispuesto el tren con las dos locomotoras á la cabeza, haciéndolo circular á la velocidad de 40 kilómetros por hora.

Estas pruebas podrán aplazarse si las condiciones de las avenidas del puente lo exigiesen.

10. Durante las pruebas, se medirán las deformaciones generales y locales del tablero por los medios que los Ingenieros dispongan, y en todo caso, habrán de registrarse las flechas en el centro de las vigas principales y los esfuerzos interiores ó trabajos del metal en las partes que corresponden á los máximos con arreglo á la posición del tren en cada una de las pruebas estáticas.

Estos esfuerzos se medirán por medio de los aparatos Manet, Rabut, Koler, Kist ú otros análogos, y se dispondrán, no sólo en las cabezas y piezas que constituyen el alma ó pared vertical de las vigas principales, sino también en las viguetas y largueros.

11. Terminadas las pruebas, se repetirá la nivelación del puente referido á los mismos puntos; el resultado de esta

operación con lo más interesante de los experimentos de que se ha hecho mérito, se hará constar en el acta.

12. En los puentes construídos con arreglo á esta instrucción, no podrán circular, sin autorización especial del Ministerio de Obras públicas, locomotoras cuyo peso medio por metro lineal exceda de 6 toneladas en los ferrocarriles de vía normal, y de 5 en los de vía estrecha de un metro.

13. Para los puentes de ferrocarriles de via distinta de la normal ó de un metro de ancha, y para los de doble vía, habrán de fijarse en cada caso las condiciones de las pruebas por el Ministerio de Obras públicas.

14. Si los aparatos, debidamente comprobados, acusaran en cualquier pieza un esfuerzo superior de un 25 por 100 al calculado como efecto de la acción de la sobrecarga, no podrá ser recibida la obra, consultándose, en caso de duda, al Ministerio de Obras públicas.

ARTÍCULO 21.

PRUEBAS DE LOS PUENTES DESTINADOS Á OBJETOS ESPECIALES.

Tratándose de puentes-canales, de puentes para tranvías exclusivamente, y otros análogos, cuyas sobrecargas, por la gran variedad que ofrecen, no han podido ser previstas en esta Instrucción, se fijará en un artículo especial del pliego de condiciones facultativas del proyecto, la forma en que habrán de verificarse las pruebas, y, en su defecto, se decidirá lo que proceda por el Ministerio de Obras públicas.

ARTÍCULO 22.

GÁLIBO DE LOS PUENTES PARA FERROCARRIL DE VÍA NORMAL.

1.º Ninguna pieza del puente podrá penetrar dentro del contorno poligonal ó gálibo definido del modo siguiente:

Una horizontal á 4,80 m. sobre las caras superiores de los carriles, y dos verticales á 2,30 m. de distancia del eje de la

vía, chaflanados los ángulos de ésta con aquélla por rectas inclinadas á 45° , que las cortan á 1,40 m. de distancia del vértice. En la parte inferior, el contorno estará determinado por dos escalones á cada lado formados por una vertical de 0,25 m., á partir de la horizontal de los carriles, á una distancia de 1,40 m. del eje de la vía, y otra vertical de 0,50 m. de altura á 1,70 m. del mismo eje, y las horizontales correspondientes.

2.º En los puentes en curva habrá de tenerse en cuenta la oblicuidad correspondiente al peralte del carril exterior.

ARTÍCULO 23.

GÁLIBOS EN LOS PUENTES PARA FERROCARRILES DE VÍA ESTRECHA DE UN METRO.

En los proyectos de puentes de vía estrecha de un metro habrá de justificarse la sección transversal que se adopte con relación al material de la línea, cuidando de que la amplitud sea, no sólo la necesaria para la circulación de los coches de viajeros, sino también para la del personal de la vía, que ha de ser compatible con el paso del tren por el puente.

ARTÍCULO 24.

ACCESORIOS DE LOS PUENTES METÁLICOS PARA FERROCARRILES.

1.º Todos los puentes de ferrocarriles habrán de cubrirse con tablero de madera ó metálico entre los carriles.

2.º Los puentes de 15m. ó más de luz se proyectarán y construirán con andenes y barandillas que se prolongarán sobre los muros de acompañamiento, y podrán también ser exigidos por la Inspección del Gobierno en puentes de menor luz, si por su situación ó condiciones especiales se juzga conveniente.

3.º Los puentes de 7 á 15 m. de luz llevarán contracarriles

ó largueros protectores, y desde la luz de 15 m. serán éstos obligatorios. La forma y situación deberá detallarse en los proyectos, y deberán sentarse con la vía sobre traviesas escogidas.

XII

FERROCARRILES *

I. MATERIAL FIJO.

Preliminares.—Una vía férrea se compone de los elementos siguientes: los *carriles* sobre los que ruedan los vagones; las *traviesas* que son de madera, sirven de apoyo á los carriles; el *balasto*, que es una capa de grava que se interpone entre el terreno y las traviesas, con objeto de proporcionar á éstas buen asiento y á la vía alguna elasticidad, evitando al mismo tiempo, en lo posible, que las aguas de lluvia se detengan en contacto de las traviesas.

Tratándose de poner en comunicación dos puntos por medio de una vía férrea, el ideal es una vía que siga la línea recta y horizontal. Pero esto es imposible, sobre todo si los puntos distan mucho uno de otro y se trata de un país accidentado, porque los trenes no pueden marchar por pendientes que excedan de cierto límite. De ahí que haya que recurrir á desmontes y terraplenes, á la perforación de montañas no pocas veces, y á tender puentes para salvar obstáculos infranqueables con los terraplenes, como sucede con los ríos.

Aún suponiendo que el suelo fuera horizontal, habría que prepararlo convenientemente para ponerlo en disposición de recibir el balasto y asentar la vía. Á la faja de terreno así preparada se la llama *esplanación*.

Considerando el perfil longitudinal de una vía, se encuentran partes rectas y otras en curva, trozos horizontales, trozos en

* De "Los Ferrocarriles en la Guerra," por D. Tomás L. Taylor. Teniente de Ingenieros, Barcelona, 1885.

rampa (si asciende el terreno) y trozos en *pendiente* (si descende).

En cuanto á su perfil transversal, puede estar la vía en el terreno natural, en desmonte, en terraplén, y parte en desmonte, parte en terraplén.

Fijémonos en la figura 105* y observemos que el punto *a*, que corresponde al eje de la vía, está algo más alto que los *b b*, con objeto de hacer correr las aguas que se filtran por el balasto, hacia las *cunetas* que las recojen y conducen á sitio conveniente. De esta manera se evita la humedad en cuanto es posible.

En España la anchura de la vía, esto es, la separación entre los bordes interiores de los dos carriles, es 1^m,672; decimos en España, porque en cada país hay una anchura de vía diferente y aún dentro de uno mismo varía mucho en algunas naciones.

Carriles.—Los carriles son unas barras de hierro ó acero de variadas formas, que sirven para guiar el movimiento de la locomotora y del tren que ésta arrastra.

Las formas más usadas están indicadas en las figuras 109, 110 y 111.† La 109 es una sección del carril llamado Vignole ó Americano, que se usa en España, y por consecuencia del que nos ocuparemos casi exclusivamente.

En este carril se llama *zapata* la parte A B, *cabeza* la C y *alma* la porción comprendida entre la zapata y la cabeza. Las dimensiones están puestas en la figura.

La figura 110 es una sección del carril doble T que no tiene zapata sino dos cabezas; la 111 representa el carril Brunell, que se usa casi tan sólo en los puentes y placas giratorias.

El doble T se puede usar por arriba y por abajo, por la derecha y por la izquierda, á lo menos en teoría, mientras que

* Not reproduced: *a* is the middle point of the road bed; *bb* are points on the edges of the lateral drains.

† Not reproduced.

el Vignole sólo se puede usar por derecha é izquierda; pero en cambio éste se sienta directamente sobre las traviesas, y el doble T necesita unos cojinetes que sustituyan á las zapatas de los carriles Vignole. De la apreciación de ventajas é inconvenientes se origina el uso en unas partes de un sistema y en otras del otro. En España ya hemos dicho que se ha preferido el Vignole.

La longitud de este carril es de 6 metros, usándose también cortos de 5^m,90 para las curvas.

En ambos extremos llevan los carriles unos agujeros hechos en la misma fábrica, cuyo objeto vamos á ver en seguida.

Bridas.—Son unas placas rectangulares de hierro fundido, cuyo objeto es unir los extremos de dos carriles consecutivos. La figura 112* representa la unión de los extremos de los carriles C C, y un corte para poder mostrar claramente la forma de las bridas.

Cada una de ellas se compone de dos placas de la forma que claramente se expresa. La exterior tiene una ranura cuyo objeto es embutir en ella parte de la cabeza del perno de unión, para que no gire al apretar la tuerca. Los cuatro agujeros que lleva cada placa y los dos de cada extremo de carril, tienen por objeto dejar paso á estos pernos.

Traviesas.—Sirven de asiento á los carriles y son de madera de pino, encina, roble, obeto ó haya. Su longitud ha de ser de unos 3 metros.

Hay traviesas de *punta* que son las que corresponden á los puntos de unión de dos carriles, y éstas han de ser algo más anchas que las ordinarias. Hay también las llamadas *cachas*, que son las colocadas en los puntos de cruce de dos vías, y éstas son más largas.

No son admisibles las traviesas alabeadas, porque no se asentarían bien en el balasto, ni los carriles en ellas y tampoco las curvas en cualquier sentido, si esta curvatura es algo pronunciada.

* Not reproduced.

Los carriles se colocan sobre las traviesas, en unas cajas que se abren en ellas previamente, y para sujetarlas se emplean *las escarpías* que se clavan en la traviesa de tal manera, que su cabeza que está en saliente por un lado, abraza la zapata.

Se colocan dos escarpías por carril en cada traviesa; se introducen en unos agujeros de menor longitud que ellas abiertos con antelación, de tal manera, que no se correspondan * en una línea paralela al eje de la traviesa, para que ésta no se raje, y la escarpía en lugar de terminar en punta, termina en corte paralelo al carril, para que al introducirlas con el martillo corten las fibras de la madera, en lugar de separarlas.

Las orejas que tienen las escarpías, sirven para meter por debajo una barra y sacarlas cuando haga falta.

Otras veces se usan tornillos en lugar de escarpías, pero de ordinario éstas llevan la preferencia.

Las traviesas de punta son, como dijimos, más anchas que las otras; entre ellas y los extremos de ambos carriles, se suelen colocar unas *planchas de punta* de hierro, con objeto de que las cabezas de los carriles no se embutan en la traviesa al paso del tren. Estas planchas tienen los rebordes entre los que se comprende la zapata del carril; tienen cuatro agujeros que se corresponden dos á dos, el objeto de esta precaución ya lo sabemos.

Balasto.—El balasto hemos dicho que se empleaba para asiento de las traviesas, con objeto de dar á la vía alguna elasticidad y mantenerla seca para la mayor duración de las traviesas.

La piedra machacada, la grava y otras materias inalterables por la humedad, forman este material de la vía; pero siempre los elementos que le componen han de pasar por una criba cuyos agujeros tengan como máximo 0^m,06 de diámetro.

Si es piedra machacada la que se emplea, es preciso que no tenga mezcla de tierra, para que no impida la filtración rápida del agua, evitando así la humedad y la acción del hielo. El

* "So as to break joints."

mejor balasto es el de grava de río, empleándose mucho también la escoria de fundición.

Pasos á nivel.—Así se llama el punto en que se cruzan un camino ordinario y otro de hierro á la misma altura.

Debe disponerse el cruce de tal manera, que ni el camino ordinario interrumpa la marcha de los trenes, ni la vía férrea el paso de los carros. Con este objeto entre los carriles, se ponen los *contracarriles* algo más elevados y separados de ellos cierta cantidad que más adelante expresaremos.

De esta manera, las pestañas de las ruedas tienen sitio suficiente para pasar, teniendo cuidado de mantener limpio el espacio entre los carriles y contracarriles; los carruajes ordinarios encontrarán algún resalto en su camino, pero esto no les perjudica gran cosa.

El objeto de los contracarriles, es contener el afirmado comprendido dentro de la vía, para que el espacio destinado al paso de las pestañas esté siempre libre, y proteger al carril, elevándolos un poco para que las ruedas de los carros apoyen sobre ellos y no sobre los carriles, á lo menos en lo más brusco del choque.

Cruzamiento de vías.—Dos casos consideraremos en el cruce de dos vías:

- 1.º Que se corten perpendicularmente ó poco menos.
- 2.º Que se corten formando un ángulo pronunciado.

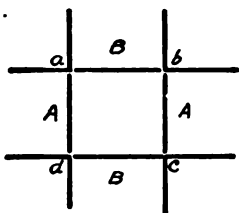


Fig. 58.

Primer caso. Supongamos que las dos vías A y B (Fig. 58) son de la misma importancia, en cuyo caso estarán exactamente al mismo nivel. Preciso será hacer un rebajo en los carriles de la línea A, para que pasen las pestañas de las ruedas del tren que circule por B y viceversa. Efecto de

estos rebajos son las cuatro puntas *a, b, c, d*, que quedan en el cruce.

Si por la vía B circulan tranvías por ejemplo, y por la A

trenes ordinarios, es decir, que la vía B es de mucha menor importancia que la A, se cortan solamente los carriles de la B, elevando esta vía lo suficiente para que las pestañas de las ruedas que por ella circulen, no toquen los carriles de la A. Ciertamente que sufrirán los carruajes un choque al pasar por este punto, pero será de poca importancia haciéndolos pasar despacio.

Segundo caso. Si el ángulo, bajo el cual se cruzan las vías es agudo (fig. 59), la longitud de la cortadura de los carriles es mayor que en el caso anterior, y tanto mayor, cuanto más agudo sea el ángulo bajo el cual se corten.

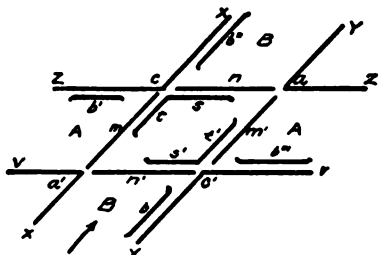


Fig. 59.

Consideremos las dos ruedas de un carruaje que circule por la vía B en la dirección que marca la flecha, y hagamos constar que la separación de los carriles es mayor en una pequeña cantidad que la distancia de las pestañas de las ruedas de un mismo eje, es decir, que hay una holgura llamada *holgura de la vía* con objeto de atender á ciertas necesidades que á su debido tiempo explicaremos.

Pues bien, para evitar que la pestaña de la rueda que marcha por X X (fig. 59), choque con la parte *m* del mismo carril, sirve el contracarril *b* que guía el movimiento en ese espacio pequeño en que falta el carril X X, los extremos de *b* están encorvados para que dulcemente se corra el vagón hacia Y Y, si acaso venían apoyándose las pestañas izquierdas en el carril X X; de esta manera se evita el choque de las pestañas derechas con el contracarril. El mismo objeto tiene la parte *t'* del contracarril *s' t'* respecto á la punta *c*, é idéntico el resto de ellos.

Pero de ordinario, el ángulo de cruce suele ser mucho menor,

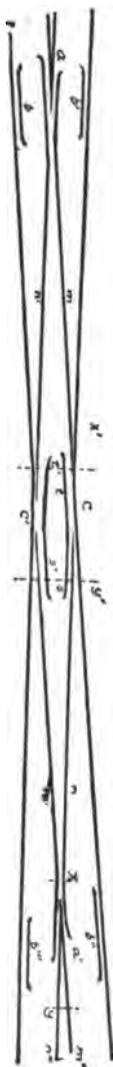


Fig. 60.

como se indica en la figura 60. Las puntas *a a'* que resultan se llaman *corazones* y las partes de carril prolongación de las *m' n* á los lados del corazón *a'*, con objeto de no dejar cortados los carriles en bisel tan largo, se llaman *patas de liebre ó ancas de rana*.

La parte *xy* que comprende el corazón *a'* y las dos patas de liebre correspondientes, es generalmente de una pieza sola de fundición; en sus extremos tiene las partes *c c, c' c'* con agujeros para poder clavarla á las traviesas, y rebajos para alojar y sujetar los extremos de los carriles *n m' n'' m''* de la vía. La punta *á* tiene su vértice algo más bajo que el nivel de la vía, altura que va ganando poco á poco en una extensión de algunos decímetros; esta diferencia de altura, es con objeto de que la llanta de la rueda se encuentre sin choque ninguno sobre el corazón; hay un momento en el paso de la rueda del carril *n* al corazón, en que la llanta no se apoya ni en *n* ni en *a'*, sino que es la pestaña la que se apoya en el fondo de la pieza de fundición.

También la parte *x' y'* del ángulo obtuso, suele ser de una pieza, ó mejor dicho de dos unidas en el punto medio, en el vértice del ángulo, para no cortar los carriles en ángulo tan agudo, que resistiría mal el peso que sobre él ha de cargar.

Cambios de vía.—Indispensable es en las estaciones hacer que el tren que llegue á una de ellas y haya de detenerse mucho tiempo, deje libre la vía principal, trasladándose á otra; esto se consigue por medio de los *cambios de vía* que vamos á explicar.

Para pasar de la vía *X* á la *Y* y viceversa (Fig. 61), basta unir ambas por una *M N* que conduzca

los carruajes; pero hay que disponer este enlace de tal manera, que el tren que venga por X en la dirección que marca la flecha, tome ó no la vía M N según convenga; esto es muy sencillo como vamos á ver.

De la parte de carril $n e$ de la vía de enlace, se hace la $m e$ giratoria al rededor del punto m , y del trozo $n' e'$ de la vía X, el $m' e'$ que gire en m' ; la distancia $e e'$ es algo menor que la ordinaria de los carriles de una misma vía; se unen $m e$ y $m' e'$ por una ó más varillas g y se fija otra h á $m e$; los trozos de carril $m e m' e'$ se cepillan convenientemente hasta dejar

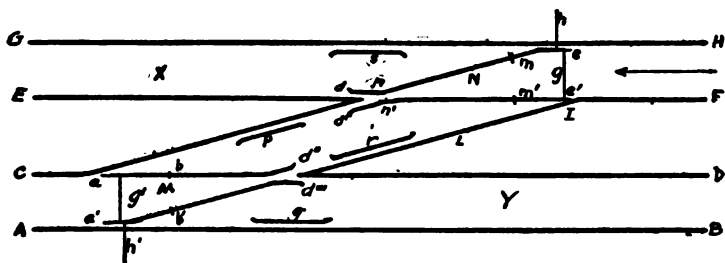


Fig. 61.

los extremos e y e' muy delgados, con objeto de que al aproximarse al carril correspondiente no haya resalto alguno.

En la posición que indica la figura, un carruaje que viniera por X en el sentido que indica la flecha, seguiría por la misma vía sin interrupción. Tirando de la barra h , el trozo de carril $m e$ se uniría al G H, y el $m' e'$ separaría del E F; las ruedas del lado derecho de un carruaje que caminara en el sentido de antes, al llegar á e no podrían continuar por G H y pasarían al carril $n e$, y las ruedas del costado izquierdo no encontraríanse con el carril $n' e'$ puesto que está separado, continuarían por el L I que pertenece á la línea M N; por esta caminaría hasta tomar la Y. Cuanto hemos dicho del cambio de la vía X á la M N decimos del de la Y á la misma M N.

Los trozos $m e$, $m' e'$, $a b$, $a' b'$, giratorios á voluntad, obrando sobre las barras h y h' se llaman *agujas*; *punta* es el extremo

afilado *e e' a a'*, y *talón* el opuesto, el punto de giro; carriles *contra-agujas* son aquellos contra los que se apoyan las agujas.

Las agujas son de menos longitud que los carriles ordinarios; están cepilladas por el lado en que han de aplicarse sobre los carriles *contra-agujas*; éstas tienen algunas veces un pequeño rebajo para recibir los extremos cepillados de aquéllas, y otras veces las agujas, tienen sus extremos cortados en bisel para poderse meter debajo de la cabeza del carril.

Los carriles *contra-agujas* no están colocados sobre las traviesas directamente como de ordinario, sino sobre unos *cojinetes de fricción*; se componen de una base sobre la que resbala la aguja, y una oreja de forma á propósito para recibir el carril, que se sujeta á ella por medio de un perno.

Las barras de unión *g*, se unen á las agujas como se indica en la figura; esta disposición al mismo tiempo que mantiene invariable la separación de ellas, tiene dos articulaciones que impiden se descoynten las uniones al hacer el giro.

Señales.—En los pasos á nivel muy frecuentados, puntos de bifurcación, entrada de túneles y á algunos centenares de metros de las estaciones por un lado y otro, se colocan señales con objeto de que el maquinista tenga conocimiento con la debida anticipación del terreno que va á atravesar, á fin de que tome las precauciones debidas.

La más generalmente empleada, sobre todo á la entrada y salida de las estaciones, es muy conocida; sobre un mástil ó columna de fundición, un disco pintado de rojo que puede girar colocándose en dos posiciones: una perpendicular á la vía que significa *alto*, la otra paralela, es decir *vía libre*. Por medio de un alambre y un contrapeso, se maneja este disco desde la estación.

De noche se enciende un farol que ve el maquinista, si está paralelo á la vía el disco; mas si se coloca este perpendicular, dando la señal de *alto*, tapa al farol, y la luz de éste se verá desde el tren al través de un vidrio rojo colocado en el disco con este objeto.

Indicaciones á lo largo de la vía.—Una de ellas son los *postes kilométricos*.

Desde el eje del edificio destinado al servicio de viajeros en la estación de partida, que es la del extremo más próximo á la capital ó la más importante de los extremos, se empiezan á contar las distancias en kilómetros. Estas distancias, están escritas en unas tablillas puestas sobre unos postecillos, colocados al lado derecho de la vía, mirando á ella desde la estación de partida.

Muchas veces en lugar de una sola tablilla perpendicular al eje de la vía, hay dos á 45° y en ellas escritas las distancias que hay, desde el punto en que está el poste hasta la estación extrema del lado donde mira cada una de ellas.

Los *indicadores de rasantes* se colocan al lado izquierdo de la vía; un poste y una tabla compuesta de dos partes diferentes: una que da á conocer la longitud y clase de rasante que termina (suponiendo que el tren marcha en el sentido de la flecha) y otra con las mismas cualidades de la que va á empezar.

Los *indicadores de curvas* se colocan á la derecha de la vía; en la tablilla está expresado que la curva es de 856 m. de desarrollo y está trazada con un radio de 1.250 m.

Estaciones.—Vamos á dar unas ideas de la instalación de las estaciones, así como de los aparatos y construcciones más importantes que hay en ellas.

Paralelamente á la vía están los *muelles* para viajeros, que es inútil decir su composición y forma porque es disposición muy conocida. Su altura no debe pasar de 0^m,35 para que al mismo tiempo que faciliten al viajero la subida á los coches, no impidan el engrase de los ejes. La separación del carril más próximo es de 0^m,80 para que entre el muelle y el estribo corrido de las carruajes quede muy poco espacio.

Los *muelles de mercancías* son unas veces cubiertos y otras descubiertos. Todos ellos tienen mayor altura sobre el nivel de la vía que los de viajeros, y para que los carros suban y ba-

jen con facilidad tienen rampas á propósito. En ellos hay aparatos para pesar y mover los fardos que se quieran embarcar.

Los *depósitos de combustibles* deben estar cerca del punto donde se detenga la locomotora. Para que la operación sea rápida, se colocan en ese punto cestos llenos de carbón que se vacían en un momento en el tén-der así que se detiene.

Los *depósitos de agua* son generalmente unos cilindros de palastro colocados sobre un armazón de hierro ó madera, ó bien sobre una base de mampostería. Desde estos depósitos es conducida el agua á los aparatos que han de verterla en el tén-der; están colocados éstos al lado de la vía, y una válvula movida á voluntad deja salir el agua necesaria por un brazo horizontal, terminado en una manga de cuero que llega hasta la boca de la caja de agua del tén-der.

También hay en muchas estaciones *cocheras para las máquinas* donde se meten éstas para pequeñas reparaciones, limpieza y caldeo. La forma es generalmente de herradura ó poligonal, y en el punto de reunión de todas las vías que parten de sus diferentes lados, hay un puente giratorio para trasladar la máquina desde la vía única que á él llega, á cualquiera de las vías que entran en la cochera.

En las estaciones á más de la vía principal, hay otras *secundarias* que sirven de apartaderos para dejar libre la vía, con objeto de que pase otro tren si el que llegó antes marcha con menos velocidad; también sirven para conducir vagones á los muelles de carga, y otras veces para apartar los ya cargados hasta que les llegue la hora de formar parte de un tren. En estas vías hay *calzos de detención* y *topes* para impedir que los carruajes pasen de cierto punto; los calzos unas veces son un trozo de madera sujeto á la vía y colocado transversalmente, otras los mismos carriles se encurvan hacia arriba en su extremo; también se pone un tablón sólidamente establecido á la altura de los topes para que estos choquen en él y se detenga el carruaje.

Los *gálíbos* ó *plantillas de carga*, sirven para calibrar el volumen de la carga de los vagones cuando ésta, por ser de poco peso, alcanza grande altura; se reduce la carga á un volumen de altura y anchura determinadas con objeto de que al pasar por los túneles y puentes no tropiece. La disposición de las plantillas se puede ver en cualquiera estación: una barra de hierro en forma de U invertida, suspendida á conveniente altura de un carril ó madera horizontal, apoyado en otro vertical. Todo vagón que pase sin tropiezo por esta U, pasará lo mismo por los túneles y puentes de la línea.

Puesto que en las estaciones hay muchas vías además de la principal, tantas más cuanto más importante es la estación, en ellas es donde tienen aplicación las placas giratorias, cambios y cruzamientos.

Las estaciones pueden ser de *paso*; de *alimentación* que tienen, además de todo lo que por ser estación deben tener con arreglo á su importancia, los medios de surtir á los locomotoras de agua y combustible; de *depósito* con cocheras para máquinas y vagones; las *principales*, su nombre indica que son las de más importancia y por consecuencia las más completas, pues que en ellas se detienen todos los trenes para descarga, etc.

II. LA LOCOMOTORA.

Adherencia.—Hemos visto con qué cuidado se procura atenuar cuanto es posible los efectos del rozamiento; para disminuirlos, se colocan depósitos de grasa á fin de que haya siempre una capa de ésta interpuesta entre las superficies de dos cuerpos que han de resbalar uno sobre otro. Pues bien, si no fuera por esta fuerza que se opone al resbalamiento, el problema de la tracción en vías férreas sería muy difícil.

En efecto ¿de qué serviría que el vástago con su movimiento rectilíneo alternativo originara el circular continuo de las ruedas motoras, si estas resbalaran sobre los carriles? De nada, porque el tren no se movería. Para que pueda una locomotora

arrastrar un tren es preciso que las ruedas vayan aplicando sucesivamente sobre los carriles, diferentes puntos de la llanta sin que el resbalamiento tenga lugar, pues si tal sucede la máquina *patina*, y esto además de no producir el movimiento del tren que es el efecto deseado, destruye las ruedas.

Una de las causas de la adherencia, es un engranaje que se verifica entre las asperezas de los dos cuerpos en contacto por muy lisos que parezcan; además, como esos cuerpos no son completamente duros, siempre hay penetración del uno en el otro, tanto mayor cuanto más fuerte sea la presión que les obligue á unirse. Existe además otra causa resistente, que es la tendencia á no desunirse que adquieren dos cuerpos que se han oprimido, tendencia que aumenta con la extensión de la superficie y duración del contacto.

Por estas causas coexistentes experimentan las ruedas gran dificultad para resbalar libremente sobre los carriles.

Esta resistencia al libre resbalamiento debe ser siempre mayor que la opuesta por el tren al movimiento, de otro modo el arrastre es imposible. La resistencia de que se trata debe ser también mayor que el esfuerzo comunicado al eje motor, pues entonces siendo capaz la adherencia de impedir el resbalamiento de la llanta sobre el carril, el movimiento de traslación tendrá lugar.

Las causas que se oponen al resbalamiento, producen un efecto que es la *adherencia*, directamente proporcional á la presión que obligue á los cuerpos á permanecer en contacto, es decir, al peso que cargue sobre las ruedas motoras tratándose de una locomotora. A esta relación se la llama *coeficiente ó índice de adherencia*.

Este coeficiente tiene valores muy diferentes según el estado en que se halle la superficie de rodadura de los carriles. La experiencia ha hecho constar: que el valor máximo en marcha es $\frac{1}{6}$; este valor corresponde al caso de carriles completamente secos y sin cuerpo lubricante ninguno; que en los túneles largos y en los casos de estar los carriles ligeramente humedeci-

dos por rocío ó lluvia menuda el valor del coeficiente de adherencia es $\frac{1}{6}$, pero no se altera sensiblemente el valor $\frac{1}{6}$ si la lluvia es copiosa; el valor $\frac{1}{6}$ es aún grande cuando sobre los carriles hay hojas secas ó polvo de carbón si la vía atraviesa caminos hulleros, pues ambas sustancias sirven de lubricantes.

De todo lo anterior se deduce la necesidad de que las locomotoras tengan gran peso, para que la adherencia sea grande y que este peso varíe de unas á otras según el objeto á que se las destine.

Clasificación de las locomotoras.—Acudamos á la locomotora que conocemos representada en la figura 82* y veamos si puede servir para remolcar toda clase de trenes.

Las ruedas tienen 1^m,3 de diámetro; el desarrollo de la circunferencia será 4^m,08; en un viaje doble del émbolo la máquina adelanta pues 4^m,08. Si se quisiera que remolcara un tren exprés, con una velocidad de 70 ú 80 ó más kilómetros por hora, tendría que darse una velocidad á su pesado émbolo tan considerable, que dadas las condiciones especiales de la máquina, sería causa de su desorganización.

Además pretender que una máquina que tiene 4^m,130 de separación de ejes extremos, recorriera las curvas con velocidad tan grande, sería exponerse á un descarrilamiento casi inevitable.

Sin dar más razones, se comprenderá la necesidad de adoptar diferentes tipos de máquinas, según el uso á que se las destine.

Máquinas de viajeros. Destinadas como su nombre indica al transporte de viajeros. Su carácter distintivo es la velocidad, que varía de 40 á 80 ó más kilómetros por hora, arrastrando poca carga, de 20 á 130 toneladas.

Son relativamente ligeras, con todas las ruedas libres generalmente y por lo menos la motora de gran diámetro para obtener gran velocidad; suelen ser hasta más lujosas en la

* Not reproduced.

apariciencia para que estén en consonancia con el tren que arrastran.

Máquinas de mercancías. Son muy pesadas, de gran potencia, como que su objeto principal es remolcar pesos de 300 ó 400 toneladas. Las ruedas acopladas y pequeñas porque no pasan de una velocidad de 20 á 30 kilómetros por hora.

Máquinas mixtas. Son un término medio entre las dos antedichas, y de uso cada vez más frecuente. Pueden arrastrar fácilmente por rampas de 0^m,005 trenes mixtos de viajeros y mercancías con peso de 200 á 250 toneladas, con una velocidad de 25 á 45 kilómetros por hora.

Máquinas de estación. Su objeto es ahorrar tiempo y personal en las estaciones; sirven para formar y descomponer los trenes, conduciendo los vagones á los muelles, apartaderos ó cocheras.

No necesitan mucha velocidad aunque sí un crecido esfuerzo de tracción; poco peso y poca separación de ejes extremos, para que sirvan las placas giratorias de los vagones para trasladarlas de unas vías á otras.

Máquinas especiales. Aunque bajo el punto de vista del servicio podrán incluirse estas máquinas en alguno de los dos primeros grupos, éste de máquinas especiales comprende aquéllas que por motivos particulares ha habido que hacer de dimensiones exageradas ó con alguno de sus elementos dispuestos de una manera especial.

Formación y arrastre de un tren.—Como reglas generales que se deben tener en cuenta al formar un tren, hacemos las observaciones que siguen.

Para no aumentar inútilmente el peso de un tren, debe repartirse la carga en el menor número posible de vagones, bien entendida la precisión de no pasar del límite asignado á cada uno. Los más cargados deben colocarse en cabeza siempre que sea posible para disminuir la probabilidad de que se rompan los enganches, al acelerar el movimiento y sobre

todo al subir una rampa. Aproximar los carruajes cuanto permita el buen juego de los enganches y topes, para de ese modo presentar la menor resistencia posible al viento; al recorrer una curva el esfuerzo de tracción es oblicuo y por consecuencia cuanto más largo sea el tren más sensible será este defecto.

Supongamos un tren que marche en las mejores condiciones, es decir, por un alineamiento recto y horizontal; veamos que resistencias opone á la tracción.

1ª Resistencia á la rodadura de las ruedas sobre los carriles. Es proporcional al peso del vagón, disminuyendo con el crecimiento del radio de las ruedas y la dureza y pulimento de las llantas, así como de los carriles.

2ª Resistencia al resbalamiento de los ejes dentro de los cojinetes de las cajas de grasa. Es proporcional á la carga variando principalmente con la naturaleza de los metales y engrases.

3ª Resistencias originadas por los choques de las ruedas en las uniones de los carriles, por las vibraciones de la vía y movimientos anormales.

4ª Resistencia del aire. Es proporcional al cuadrado de la velocidad, y á la proyección de la superficie del tren sobre un plano normal á la dirección del movimiento.

5ª Resistencia del viento. El viento ofrece una resistencia muy variable según su dirección y fuerza, en términos de que es favorable si sopla en la misma dirección de la marcha del tren y tanto más cuanto más fuerte sea.

Doble tracción.—En puntos especiales de la vía ó circunstancias anormales, sucede á veces que una sola máquina no puede remolcar un tren determinado, y entonces se recurre á la doble tracción, es decir, á poner dos máquinas.

Generalmente se ponen las dos en cabeza del tren, siendo la primera la que da la norma de la marcha, es decir, la que abre primero el regulador para emprenderla y hace señal á la

segunda para que la cierre primero si se quiere detener el tren, todo esto con objeto de que la segunda jamás empuje á la primera, sino que sea arrastrada aunque débilmente.

Colocando la segunda en la cola del tren se corre el riesgo de que no pudiéndose entender bien los maquinistas, modere la máquina de cabeza la velocidad y la otra no, encontrándose entonces los carruajes comprimidos con exposición á que alguno se salga de carriles, sobre todo en curva, donde la fuerza centrífuga se verá ayudada por esta compresión. Sólo es ventajosa esta colocación al ascender una fuerte rampa para evitar los desastres que ocasionaría la rotura de un enganche.

Se prefiere siempre cuando ha lugar á elección, la división del tren formando de él, dos ó tres, los necesarios, porque á los inconvenientes expuestos hay que añadir, que si al esfuerzo de cada locomotora aislada le llamamos A, el de ambas reunidas para doble tracción no será 2 A, sino $1\frac{1}{2}$ A á lo más, efecto gran parte de la imposibilidad de absoluto acuerdo entre los maquinistas.

III. CONSECUENCIAS QUE SE DEDUCEN DE LO ANTEDICHO.

Necesidad del conocimiento de la máquina y la vía para la buena conducción de un tren.—Conocido cuanto hemos dicho de la locomotora como máquina ; es necesario dar una sola razón para demostrar la precisión de que el maquinista conozca á fondo la locomotora, para no comprometer la seguridad del tren? No, porque es evidente.

Este conocimiento exige mucha práctica, para poder apreciar cualquier desperfecto tan pronto como empieza á manifestarse. Un maquinista con buena práctica, aprecia con sólo el oído la falta de engrase de un eje; con el oído también conoce si la introducción de agua en la caldera tiene lugar en buenas condiciones.

Es preciso tener mucha práctica para no dejarse engañar

por el tubo indicador, mucho más tratándose de una locomotora que está en movimiento y tal vez subiendo una rampa, pues si en tales condiciones se contentara el maquinista con tener el nivel de 0^m,10 preciso por encima del cielo del hogar, al llegar á la rasante horizontal ó tal vez en pendiente que hubiera á continuación, quedaría al descubierto y ya sabemos las fatales consecuencias de este descuido.

Si se ha de detener algún tiempo en una estación, preciso es que sepa en qué punto ha de mantener el fuego para que la presión no pase del límite conveniente, porque á tal punto pudiera llegar que se originara una explosión.

Tantos y tantos cuidados como ha de tener requieren á no dudarle una práctica más ó menos larga, según la capacidad del individuo y sus conocimientos teóricos, pero es indudable que un maquinista no se improvisa, necesita muchos meses de práctica antes de tomar á su cargo una locomotora.

Pero todo lo dicho se refiere tan sólo al reconocimiento de la máquina, sin habernos para nada ocupado de lo indispensable que es también conocer la vía, pero conocerla á conciencia.

Si toda la vía estuviese establecida en línea recta horizontal, el trabajo del maquinista sería muy sencillo; con mantener una presión constante adecuada al peso del tren que ha de remolcar la locomotora, tendría suficiente para obtener una buena marcha.

Mas no están trazadas las líneas en estas condiciones, como ya hemos tenido lugar de observar, y el maquinista debe conocerla palmo á palmo, si ha de llenar su cometido debidamente.

El tren sigue en un momento dado un alineamiento recto horizontal y se va á encontrar poco después con una rampa; si el maquinista con la debida antelación no alimenta la caldera convenientemente, y no activa el fuego lo necesario ¿qué le sucederá? que se quedará á la mitad de la rampa sin vapor disponible para continuar. Y la preparación de la caldera la ha de hacer con mucha anticipación, pues la vaporización no es instantánea ni mucho menos.

En las curvas también hemos dicho que se necesita aumento del esfuerzo tractor y al mismo tiempo moderar la velocidad; es pues preciso saber el punto de la vía en que hay que empezar á preparar la presión y velocidad para llegar á la curva en buenas condiciones.

Lo mismo decimos respecto al descenso de una pendiente, detención en las estaciones, paso por agujas de cambio á la entrada de éstas, cruzamientos de vías, pasos á nivel, etc., etc. Cuantas desgracias puede originar no avisar á tiempo la proximidad del tren á un túnel, cambio, cruzamiento ó paso á nivel.

Cierto es que á derecha é izquierda de la vía están los indicadores de rasantes y curvas y que estos pueden verse antes de llegar á ellas. Pero, aún concediendo que de día se puedan leer al pasar todas estas indicaciones (que es difícilísimo) y ver las curvas desde muy lejos y hasta conocer las pendientes y rampas (que es muy difícil) ¿qué sucederá de noche? Como no conozca la vía palmo á palmo en toda la extensión que haya de recorrer, difícil le será llegar á su destino sin entorpecimiento alguno.

En todas las líneas hay perfiles longitudinales de la vía en que se hacen constar todos los cambios de alineamiento é inclinación, los puntos más notables del terreno, las estaciones, etc., etc. Pero el estudio de estos perfiles no basta por sí solo para conocer la vía; que ayuda mucho es indudable, como ayuda siempre la teoría á la práctica, pero nada más. Es forzoso hacer varios viajes con un maquinista práctico, ejercitando mucho la memoria de lugares, para que se graven en la imaginación muchos detalles del terreno que han de ser indispensables.

XIII

AGRIMENSURA *

BRÚJULA.

La brújula es un goniómetro fundado en la propiedad que tiene la aguja magnética de tomar una dirección determinada en cada lugar del globo. En este concepto empezaremos por exponer algunas ideas acerca de esta dirección y de las variaciones que experimenta.

Se llaman imanes las sustancias que tienen la propiedad de atraer el hierro y otros metales. Se distinguen en naturales y artificiales: el imán natural es un óxido de hierro que existe con bastante abundancia en la naturaleza, y los imanes artificiales son barras ó agujas de acero templado, que adquieren la virtud magnética por fricciones con un imán ó por procedimientos eléctricos.

La aguja imanada es una lámina de acero templado en forma de rombo. Suspendida la aguja de un hilo ó colocada sobre un eje, alrededor del cual pueda girar fácilmente, se observa que en lugar de detenerse en una posición cualquiera, termina siempre por fijarse en una dirección aproximada á la *Norte-Sur*. Lo mismo se verifica si en un vaso lleno de agua se sitúa un disco de corcho, y sobre este la aguja imanada: el corcho se detiene después de varias oscilaciones, y la aguja toma la dirección que hemos indicado. Como en esta última experiencia el corcho y la aguja no avanzan ni hacia el *Norte* ni hacia

* Del "Tratado de Topografía," por el Coronel de Ejército, Comandante del Cuerpo de E. M., [Estado Mayor] Don Julian Suárez Inclán, Madrid, Imprenta Nacional, 1879.

el *Sur*, deducimos que la acción que obra sobre los imanes es solamente directriz.

Estas observaciones han hecho considerar la tierra como un gran imán cuyos polos se hallan próximos á los terrestres, coincidiendo aproximadamente con el ecuador la línea neutra. Obrando entonces la tierra sobre las agujas como un imán, se atraen los polos de nombre contrario y se repelen los del mismo nombre. Por esta razón el extremo de la aguja que mira al *Norte* será el polo austral, y polo boreal el que se dirige al *Sur*. En lo sucesivo, al polo austral le llamaremos extremidad *Norte* de la aguja, y al boreal extremo *Sur* de la misma. Para distinguir las dos puntas, se lima la mitad que mira al *Sur*, con lo cual pierde el color azul que había recibido por el temple; de esta suerte sabemos para siempre que la parte azul de la aguja se dirige al *Norte* y al *Sur* el extremo blanco.

Se llama *meridiano magnético* de un lugar el plano vertical que pasa por la línea de los polos de la aguja imanada, y la traza de este plano con el horizonte recibe el nombre de *meridiana magnética*.

La meridiana magnética forma con la astronómica un cierto ángulo que se llama *declinación de la aguja imanada*: la declinación es oriental ú occidental, según que la punta *Norte* ó polo austral de la aguja se encuentre al *Este* ó al *Oeste* de la meridiana astronómica.

La declinación de la aguja imanada es variable de un lugar á otro del globo, hasta el punto de ser occidental en Europa y Africa y oriental en Asia y América. Aparte de esto, en un mismo lugar experimenta numerosas variaciones: unas regulares, que distinguiremos en seculares, anuas y diurnas, é irregulares otras, que se designan con el nombre de perturbaciones.

En vista de la dirección casi inalterable que tiene la aguja magnética, se podría creer que la fuerza que la solicita parte de un punto del horizonte; sin embargo, vemos que esto no sucede, porque si se dispone la aguja de modo que se mueva

libremente, suspendiéndola de su centro de gravedad, el extremo *Norte* ó polo austral se inclina en nuestro hemisferio por debajo del plano horizontal; en el hemisferio *Sur*, por el contrario, el polo boreal de la aguja se inclina hacia el polo *Sur* de la tierra.

Se llama *inclinación* de la aguja el ángulo que ésta forma con el horizonte cuando se mueve en el plano vertical del meridiano magnético. La inclinación varía con la latitud del lugar: hacia el polo boreal del globo, es próximamente de 90° ; desde allí decrece con la latitud hasta el ecuador donde, es casi igual á cero. Una cosa análoga se verifica en el otro hemisferio, con la diferencia de que el extremo *Sur* de la aguja se halla por debajo de la horizontal.

La inclinación varía también en un mismo lugar, habiéndose observado en París que disminuye anualmente en unos 3'.

Se hace desaparecer en nuestro hemisferio, la inclinación de la aguja imanada, limando ligeramente el extremo *Norte*, ó adicionando un pequeño peso á la otra extremidad.

Descripción de la brújula.—La brújula se compone de una caja cuadrada de 20 á 30 centímetros de lado y 3 á 4 centímetros de espesor, en la cual existe una cavidad cilíndrica, cuyo eje corresponde al centro de la caja, y que va provista de un limbo graduado de 0 á 360° . En el centro de éste se eleva un estilete de acero, sobre el que se halla suspendida una aguja imanada, de modo que tome la posición horizontal; y con el fin de que exista poco rozamiento y de que no se desgasten la aguja y el estilete, se establece la suspensión por medio de la armadura formada por una chapa de piedra muy dura, ordinariamente de ágata, que presenta en su interior un cono hueco, cuyo vértice se apoya sobre la punta del estilete. La corona del limbo está un poco elevada respecto del fondo de la caja, á fin de que se coloque á la altura de la aguja para facilitar la lectura de las divisiones. La longitud de aquella debe graduarse de manera que resulte un vacío de medio milímetro entre sus extremos y la circunferencia interior del limbo.

El limbo y la aguja se cubren con un cristal para evitar que el viento produzca oscilaciones; este cristal se sujeta con un aro circular elástico de cobre, que en virtud de su fuerza oprime las paredes de un reborde que lleva la caja.

Una palanca acodada, sobre la cual puede actuar la pieza metálica, sirve para levantar la aguja y apoyarla contra el cristal, siempre que no se opere, evitando de este modo el excesivo desgaste del estilete.

Con una cubierta de madera se cierra la parte superior de la caja para proteger el cristal.

Sobre uno de los lados del instrumento se adapta el anteojo que puede moverse alrededor de un eje perpendicular á dicho lado, describiendo un plano que es también perpendicular al del limbo. Muchas veces sustituye al anteojo una alidada prismática de madera.

La brújula se apoya sobre su trípode por medio de una rodilla de nuez, cuyo mecanismo hemos descrito ya al ocuparnos de la plancheta.

NIVEL DE BURBUJA DE AIRE.

Este instrumento, fundado en el tercero de los principios enunciados en las ideas generales acerca de la nivelación, consta de un tubo de vidrio cerrado en sus extremidades, el cual contiene un líquido que deja libre un pequeño espacio ocupado por una burbuja de aire. En virtud de las leyes de equilibrio, el líquido ocupa la parte baja del tubo, trasportándose siempre la burbuja al punto más elevado. Si el tubo fuera exactamente cilíndrico y se colocara su eje horizontal, la burbuja ocuparía la generatriz superior, ó más bien se dividiría en varias porciones, correspondiendo á diversas partes de esta generatriz, y si en tal supuesto diéramos al tubo la menor inclinación, la burbuja se transportaría por completo é instantaneamente al extremo más elevado. Resultaría, por lo tanto, el nivel con una sensibilidad excesiva que haría su uso muy incómodo, si no imposible.

Para evitar este inconveniente, se da una ligera curvatura á la pared interior del tubo en sentido de su longitud; y con el fin de que los cambios de situación de la burbuja sean uniformes, se hace que dicha curvatura sea la de un arco de círculo; tendremos de esta suerte que el medio de la burbuja corresponderá siempre al punto más elevado de la sección longitudinal del tubo, en cuyo punto tendrá lugar la horizontalidad de la tangente.

El tubo del nivel está encerrado en una armadura metálica cilíndrica, provista de una abertura, que permite ver toda la longitud de la burbuja para ciertas posiciones del instrumento: toda esta guarnición se fija sobre una regla perfectamente plana, que es también de metal. El aparato está dispuesto de manera que la dirección de la regla sea paralela á la tangente en el punto medio de la parte visible del nivel, resultando así que aquella línea será perfectamente horizontal cuando el centro de la burbuja ocupe el medio de la sección circular longitudinal del tubo.

En los niveles bien contruidos y destinados á instrumentos precisos, lleva el tubo una graduación, cuyo cero ocupa el centro de la burbuja cuando la regla es horizontal; ordinariamente se suprimen las divisiones en la parte media del tubo y comienzan en los trazos, equidistantes del centro. De este modo, cuando las extremidades de la burbuja ocupan posiciones simétricas se dice que el nivel *está calado*, y entonces la regla será horizontal.

Cualquiera que sea la posición del nivel, la burbuja debe tener la misma longitud mientras no varíe la temperatura, y siempre que por efecto del calor aumente ó disminuya de volumen, sus extremidades deben marchar en sentido inverso magnitudes iguales: para que esto se verifique es necesario que la sección lateral del tubo sea constante á la vez que circular la longitudinal.

Algunos niveles de aire no llevan graduación en el tubo, sino únicamente dos índices equidistantes del centro de su

parte visible, entre los cuales se ajusta la burbuja cuando la regla es horizontal, prescindiendo de las pequeñas alteraciones que podría sufrir por efecto de las variaciones de temperatura.

La sensibilidad del nivel de aire está medida por el cambio de situación que la burbuja experimenta para una inclinación determinada. Siendo circular la sección longitudinal del tubo y mn una de sus posiciones, el centro de la burbuja se colocará en el punto más elevado A , extremo del radio vertical CA : si ahora suponemos que se altera la inclinación del nivel, de modo que el arco mn venga á situarse en $m'n'$, su punto medio se hallará entonces en A' ; pero como el centro de la burbuja ocupará siempre el punto de la tangencia horizontal, se detendrá en A describiendo el arco $AA' = mm' = nn'$, que representa, por lo tanto, el ángulo que mide el cambio de inclinación del nivel. Ahora bien, variando el radio de la sección longitudinal mn , sucederá que para el mismo cambio de inclinación, el centro de la burbuja recorrerá evidentemente espacios proporcionales á los radios, siendo en su virtud tanto mayor el cambio de situación de aquélla, cuanto mayor sea el radio de curvatura del tubo.

Para los instrumentos de topografía varía este radio entre 15 y 60 metros. Si excediera de esta última longitud tendríamos instrumentos de una sensibilidad demasiado grande, que, si bien serían excelentes para un observatorio, se haría sumamente difícil su empleo sobre el terreno, porque no podrían tomarse para su instalación todas las precauciones que exigiría un nivel de tan débil curvatura.

El líquido contenido en el tubo del nivel de aire es generalmente alcohol ó éter, cuyos líquidos tienen la ventaja de no congelarse aunque se opere en los países más fríos, poseen una gran movilidad y mojan el vidrio más completamente que el agua. Conviene también dejar la burbuja bastante larga, porque la experiencia ha demostrado que se restituye tanto más pronto el estado de equilibrio cuanto mayor es su longitud: la más á propósito parece ser de 0,^m 025 á 0,^m 030.

Pudiera creerse que no habría inconveniente en reemplazar la burbuja de aire por un líquido menos denso que el contenido en el tubo; pero es de notar, que al condensarse los líquidos por el descenso de temperatura, aparecería una pequeña burbuja de vapor, y cuando, por el contrario, aumentará la temperatura, la dilatación haría estallar el tubo de vidrio. Por este motivo no existe en su interior más que un solo líquido y una burbuja de aire ó de vapor del mismo líquido.

Advertiremos también, que en la posición de la burbuja hay siempre un pequeño error debido á que la fuerza que tiende á trasladarla al punto de tangencia horizontal (fuerza que va disminuyendo conforme la burbuja se acerca á esta posición), se halla contrariada por la de rozamiento del líquido contra las paredes del tubo: resulta de aquí, que el equilibrio puede restablecerse un poco antes de que la primera fuerza llegue á anularse, es decir, antes de que el centro de la burbuja alcance al punto más elevado de la sección longitudinal del tubo.

DETERMINACIÓN DE LA MERIDIANA CON AUXILIO DEL TEODOLITO

La orientación de un plano se efectúa ordinariamente con relación á la meridiana astronómica, determinando con la posible exactitud el ángulo que forma esta línea con uno de los lados de la red trigonométrica del levantamiento. En los párrafos 75 y siguientes hemos expuesto diversos medios para conseguir este resultado, que puede ser más riguroso cuando se opera con el teodolito.

Supongamos, por ejemplo, que se trata de orientar un plano empleando el método llamado de las *alturas correspondientes*, reducido á observar un astro antes y después de su paso por el meridiano en los dos instantes precisos en que es la misma su altura con respecto al horizonte. Siendo el sol el astro sobre que se opera, como ocurre más generalmente, haremos estación en un punto trigonométrico A, y apuntaremos al

vértice adyacente B. Soltando la placa de los nonius, se mueve el anteojo hasta que su eje óptico enfle el centro del disco solar á una cierta hora antes de su paso por el meridiano, y se anota el valor del ángulo BAS, formado por las proyecciones de las visuales al astro y al objeto B del terreno. La observación de la tarde, que corresponde á la precedente, debe realizarse, según sabemos, en el momento en que el sol tenga igual altura que al hacerse la de la mañana: para este efecto, se vuelve á soltar la placa de los nonius, y seguimos por unos instantes con el anteojo la marcha del sol, haciendo uso del tornillo de coincidencia, cuando el reloj nos dé á conocer que el astro se halla próximo á ocupar respecto del meridiano una posición simétrica á la de la mañana. Tan luego como el centro del disco se encuentre sobre el eje óptico, se detiene el movimiento azimutal y deducimos el ángulo BAS'. Por medio de los ángulos horizontales así obtenidos, fácilmente hallaremos el BAN que forma el lado AB con la meridiana astronómica, cuya dirección podemos enfilar y marcar sobre el terreno, haciendo que el nonius señale la magnitud angular oportuna.

Para mayor precisión conviene practicar varias observaciones por la mañana (anotando para cada una de ellas los ángulos verticales y horizontales), y repetirlas por la tarde, empezando por colocar el nonius del limbo vertical de modo que señale el mismo ángulo que en la observación respectiva de la mañana. Al operar de esta suerte, como obtenemos para cada par de observaciones correspondientes el ángulo formado por BA con la meridiana astronómica, alcanzaremos un valor más aproximado tomando el promedio entre los resultados que nos dan las distintas observaciones: además, por este procedimiento se evita el riesgo de que una nube ú otro obstáculo cualquiera impida efectuar la observación única de la tarde, y malogre de esta manera el éxito de la operación.

Si el teodolito carece de una lente de color oscuro para observar el sol, bastará ahumar interiormente con un fósforo el ocular claro.

Todo lo dicho supone que no varía la declinación solar mientras duran las observaciones, en la cual se comete un error insignificante. Si á pesar de esto le queremos tomar en consideración, ya conocemos el modo de proceder en semejante caso. Por lo demás, desaparecería esta causa de error si las observaciones se hicieran sobre una estrella, toda vez que para los astros de tal naturaleza es constante el valor de la declinación.

Empleando un procedimiento análogo al que hemos explicado antes de ahora, podría efectuarse la determinación de la meridiana, observando la estrella polar con el anteojo del teodolito, y siguiéndola en su movimiento de rotación diurna hasta el instante en que pasa por el meridiano, según las indicaciones de la tabla que inserta el *Anuario del Observatorio Astronómico*. Este método presenta, sin embargo, los graves inconvenientes que ya enumeramos, cuando se trata de ponerle en práctica.

Por estas razones es preferible hacer uso de otra tabla, también inserta en el *Anuario*, la cual expresa los azimutes de la Polar, ó sea los ángulos que la visual á la estrella forma con la meridiana, de 5 en 5 minutos de tiempo desde tres hasta nueve horas antes ó después del paso superior por el meridiano, y de medio en medio grado de latitud desde el paralelo de 36° al de 44° , entre los cuales se halla comprendida España. Tratándose de una hora ó latitud intermedia, que no se encuentren en la tabla, se deducirá por medio de sencillas proporciones el valor del azimut correspondiente.

Para aplicar esta tabla á la determinación de la meridiana, ó lo que es lo mismo, del azimut que corresponde á uno de los lados del levantamiento topográfico, deberá proveerse el operador de dos pequeñas linternas, teniendo una por objeto iluminar la retícula colocándola de soslayo delante del objetivo del anteojo, y servir la otra de punto de mira, situándola al efecto en la alineación cuyo azimut se busca, alineación que por otra parte deberá elegirse de modo que no exista duda alguna

respecto á si se encuentra al *Este* ó al *Oeste* de la meridiana que corresponde al lugar de la observación.

Instalado y dispuesto el teodolito, se dirige en hora oportuna una visual á la Polar, de manera que su azimut se halle en la tabla, ó que por lo menos pueda deducirse fácilmente con su auxilio. Teniendo cuidado de anotar el instante preciso de esta puntería, se determina el ángulo reducido al horizonte que forma aquella visual con la que se dirige á la señal luminosa terrestre: aumentándole ó restándole, según los casos, el valor que por medio de la tabla se obtenga para azimut de la estrella, se deduce prontamente el ángulo que forma con la meridiana la proyección horizontal del lado del plano.

Repitiendo cuatro ó cinco veces estas operaciones, se comprobarán los resultados, y para alcanzar mayor grado de aproximación, se adoptará como valor del azimut definitivo el promedio de los resultados parciales.

Es de advertir, que al proceder en la forma que queda expuesta, el ángulo obtenido, siempre menor que 180° , se cuenta desde el *Norte* indiferentemente hacia el *Este* ó el *Oeste*. Pero conociendo el sentido en que de ordinario aumentan los azimutes, será por extremo sencillo deducir el que se busca.

El uso de la segunda tabla para el trazado de la meridiana proporciona la ventaja de verificar los resultados, repitiendo las observaciones conforme antes hemos dicho, y no exige por otra parte el conocimiento previo del adelanto ó atraso del reloj con el rigor que requiere el uso de la primera tabla. En efecto, desde las tres hasta las cuatro horas, ó desde las ocho á las nueve antes ó después del paso de la Polar por el meridiano, el azimut de la estrella varía por término medio $1' 30''$ en 5 minutos de tiempo; desde las cuatro á las cinco, ó desde las siete á las ocho horas, $1'$ tan sólo, y ménos de $30''$ desde las cinco á las siete horas en el mismo espacio de tiempo: es por lo tanto, indudable que un error de 5 minutos en las indica-

ciones del reloj ejercerá una influencia muy pequeña en el azimut de la Polar.

En uno ú otro caso se puede determinar el *estado* del reloj, comparando la hora ú horas de la culminación de alguna ó varias de las estrellas que comprende un cuadro inserto en el *Anuario del Observatorio*, con las indicaciones del reloj en los momentos correspondientes: las diferencias que se encuentren entre los tiempos que se deducen de la tabla y los que señala el reloj, indicarán el adelanto ó atraso de éste con gran exactitud. Para el efecto se enfila con el anteojo una estrella, cuya presencia sobre el horizonte se halle comprendida entre ocho y 16 horas, y siguiendo la marcha ascendente del astro cuando esté próximo al meridiano, se observa el instante en que la estrella comienza su descenso para aproximarse al ocaso. En el primer minuto antes ó después del paso por el meridiano, será sólo de unos 3" la variación de altura; al cabo de dos minutos ascenderá ya á 12"; á 27" en tres; á 48" en cuatro, y así sucesivamente, variando la altura con tanta mayor rapidez cuanto más lejos se encuentre la estrella del plano meridiano. Haciendo uso del teodolito de Brunner que hemos descrito, será ya bien perceptible la variación de 12", y en su consecuencia con dos ó tres minutos de incertidumbre se podrá determinar el *estado* de un reloj.

XIV

TOPOGRAFÍA *

MÁS SOBRE SIGNOS CONVENCIONALES

Con el nombre genérico de puentes se designan además de las obras así llamadas, las barcas y las balsas que sirven para pasar á pie enjuto las corrientes de agua.

El puente *colgante* se representa con las líneas paralelas que determinan su dirección y con cuatro pequeños cuadrados que indican la situación de los pilares que sostienen los cables en ambas orillas.

El de *pie* se representa con dos líneas paralelas y varios semicírculos que indican la situación de las pilas ó estribos del puente.

Un puente de madera se podrá representar con dos líneas paralelas nada más.

Las *balsas* y *barcas* que utilizando la misma fuerza de la corriente se trasladan de una á otra orilla, se indican con una línea de puntos fuertes y dibujando el contorno de la balsa ó de la barca.

Los *vados* se representan en el dibujo topográfico, según el uso que de ellos se puede hacer.

Si el vado sirve para carruajes, se indica con una línea fuerte y otra de trazos, paralelas entre si.

Si únicamente es practicable para caballerías, se marcará con dos líneas de trazos y con una cuando no pueden utilizarlo más que hombres á pie.

* Del "Manual de Topografía," por Prieto y Villareal, Paris, 1890.

Los canales se clasifican de este modo: de *navegación*, de *riego* y de *abastecimiento*. Los primeros sirven para el transporte de efectos comerciales y para el de viajeros; los segundos tienen por objeto dotar á los terrenos de la humedad necesaria para asegurar los cultivos y los últimos se construyen para abastecer de agua las poblaciones.

El canal de navegación y de fábrica se representa como la figura* indica, en la que van incluidos dos detalles importantes: la *esclusa*, que es la parte más estrecha y el *embarcadero* que es la parte más ancha.

El canal de navegación construido con tierra, se indica del mismo modo; pero en la Memoria debe hacerse constar una ú otra circunstancia.

Cuando los canales están en construcción, se marcan con trazos cortos.

Los espacios blancos que resultan entre el cauce de las aguas y la línea exterior, representan los *caminos de sirga*, que sirven para que las caballerías arrastren los barcos, cuando se emplea la fuerza de sangre para moverlos.

Los *canales de riego* se indican con dos líneas paralelas, y para no confundirlos con los caminos ordinarios cuando la escala del plano no permite marcar las aguas, se emplea la escritura para decir lo que las líneas representan.

Algunos admiten para indicar los canales de riego dos líneas compuestas de trazos y dobles puntos.

El *canal de abastecimiento* se representa como el de riego, agregando en sus orillas una serie de puntos fuertes, sin perjuicio de indicar por medio del escrito la aplicación que tiene.

Conviene tener noticia de los signos que generalmente se emplean para dar á conocer otros detalles importantes que no deben pasar desapercibidos ni para el encargado de construir un plano ni para el que se proponga sacar partido de las indicaciones que contenga.

Por ejemplo: al dibujar los mares, convendrá dar á conocer

* Not reproduced.

donde están situados los *arsenales de guerra ó mercantes*, que muchas veces no permite detallar la escala del plano. Los primeros se indican con un áncora en dirección Norte Sur cruzada por dos cañones y los segundos con una áncora también, sustituyendo los cañones con dos sierpes enroscadas.

Los bancos de arena ó de piedra deben indicarse siempre con líneas de puntos fuertes que marquen su contorno en el primer caso ó con la indicación que para las piedras hemos dado á conocer, sin que dejen de marcarse las aguas como indicando que éstas cubren aquellos peligrosos obstáculos.

El nacimiento de un río es también un detalle que se dará á conocer con uno ó varios pequeños círculos, según sean uno ó más de uno los manantiales combinados para darle vida. De los pequeños círculos partirán líneas onduladas indicando las pequeñas corrientes que aquellos forman para constituir el cauce del río que se detalla como dejamos dicho.

Su dirección la dará á conocer una pequeña flecha dibujada en medio de las líneas que representan las aguas.

El punto en que una corriente empieza á ser *flotable*, se indicará con un timón dibujado dentro de ella y el en que comienza á ser *navegable*, con un áncora.

Los detalles no comprendidos en esta breve reseña, se indicarán según sea la forma de su proyección horizontal, manifestando por medio de la escritura lo que representan. Medio seguro de que no ocurran dudas respecto á su significación.

Cuando no permite la rapidez de la operación dibujar los detalles del terreno, se emplean las siguientes abreviaturas.

P.—Prado.

Mat.—Matorral.

Arb.—Arbolado.

B.—Bosque.

Mont. A.—Monte alto.

Mont. B.—Monte bajo.

Pant.—Pantano.

Ped.—Pedregal.

T. L.—Tierras labradas.

V.—Viñas.

O.—Olivar.

Huert.—Huerta.

R.—Rocas.

Jard.—Jardín.

Prad. p.—Prado pantanoso.

S.—Salinas.

Arr.—Arrozal.

Ar.—Arenal.

Suelen usarse lápices de diferentes colores, y en este caso se emplean así:

El azul de prusia, para aguas.

El rojo para las construcciones de mampostería, sean casas, puentes, etc.

El color siena tostada, para las tierras de labor.

El siena claro ó el negro, para las curvas de nivel.

El verde claro para los prados, huertas y jardines.

El verde obscuro, para los árboles.

El verde amarillento, para los bosques.

El verde azulado, para los matorrales.

El amarillo, para las arenas.

El negro (tinta de china) para las construcciones de madera, sean edificios, puentes, etc., para las vías férreas y los escarpados.

El carmín, para los caminos ordinarios y los edificios de fábrica.

Para dar idea del relieve del terreno se emplean en topografía las *secciones horizontales ó curvas de nivel* á que nos hemos referido y de cuyo trazado nos ocuparemos más adelante.

Cuando se quiere dar al dibujo más relieve, se unen las curvas de nivel con *trazos ó normales* que según su mayor ó menor aproximación expresan con efectos de sombra y claro-oscuro las elevaciones del suelo.

Estas normales son pequeñas líneas de *máxima pendiente* de las cuales nos ocuparemos para explicarlas con detención.

Respecto á su número y grueso, diremos que obedecen á la llamada *ley del cuarto*, que puede enunciarse de este modo:

Las normales deben estar entre sí á una distancia igual á la *cuarta parte* de su longitud y en razón inversa de ésta aumenta su grueso que debe ser constante en la misma normal.

De esta ley dedúcese la siguiente consecuencia. Cuanto más unidas estén las curvas, más obscuro será el que presenten las normales.

También se emplean los colores á la aguada para la representación del terreno.

El sistema hipsométrico da á conocer por la fuerza del color las pendientes del terreno y la elevación de sus diferentes partes.

Al efecto se funda en el siguiente principio:

Cuanto mayor sea la altura, más fuertes deben ser las tintas.

Después de seca se da una segunda mano á las dos interiores, y por último otra al espacio comprendido por la curva más pequeña.

También se suele usar el color siena para representar el terreno con este sistema.

Al dibujar un plano se debe tener en cuenta su objeto, para que resalten más los detalles que constituyan su especialidad.

La *rotulación*, deberá hacerse con letra clara y no muy grande, empleándose el mismo carácter para los objetos menos importantes y otro distinto y más grueso para los de mayor interés.

Los letreros se escribirán siempre á la derecha del objeto dibujado y paralelos al margen superior del plano, exceptuándose de esta regla los nombres de las sendas, caminos y cursos de aguas que deberán escribirse paralelamente á ellos.

La escala, de que más adelante hablaremos, se coloca en el borde inferior del marco y paralela á éste.

ELEVACIONES Y DEPRESIONES DEL SUELO

En general, se entiende por *pendiente de un terreno* la inclinación que tiene sobre el horizonte.

Las pendientes de un terreno pueden ser *descendentes* ó *ascendentes*, según el punto en que se las observa, y *cóncavas*, *convexas*, ó *rectas*, según su forma. También se llaman pendientes suaves las que tienen fácil acceso y *escarpadas* las que lo tienen difícil por su inclinación y por su naturaleza quebrada ó abrupta.

Pendiente *suave* es la de $1/3$ y se dice de ella que está en *talud*.

Desde el punto de vista militar pueden apreciarse las pendientes de este modo:

La pendiente de 45° ó de $1/1$ no es accesible más que para la infantería, ayudándose en la subida con las manos.

La de 25° ó de $1/2$ es accesible á las mulas ó caballos de países montañosos.

La de 16° ó de $1/3$, lo es para caballos montados.

La de 12° ó de $1/4$, es el límite de la pendiente en que pueden maniobrar los jinetes y las piezas de artillería rodada.

La de 7° ó de $1/8$, exige que se aten las ruedas de los carruajes al descender.

La de 6° ó de $1/9$, es la pendiente máxima de las antiguas carreteras.

La de 4° ó $1/12$, es fácilmente accesible.

La de 3° ó $1/20$, es pendiente muy suave.

Las pendientes que están entre 6° ó $1/9$ y 4° ó $1/12$, son accesibles á todas las armas.

En las pendientes de 7° ó $1/8$, no son fáciles los movimientos ordenados de las tropas.

La de 12° ó $1/4$, es límite para las maniobras de la infantería, pero no pueden maniobrar ni la caballería ni la artillería.

Dicho esto, vamos á tratar de las diversas *formas del terreno*.

Llano. Es una extensión considerable de terreno sin ele-

vaciones ni depresiones; sensiblemente horizontal. Cuando está en alto, se llama *meseta* ó *altillanura*.

Llanura. Es con poca diferencia lo mismo que llano, pero no exige la regularidad de éste, porque se considera en su aspecto general, aunque tenga suaves elevaciones ó depresiones que no alteren la uniformidad del conjunto. Estos terrenos llámanse en algunas partes *estepas*, *landas*, etc.

Montes ó *montañas*. Las elevaciones considerables del terreno, cuando su relieve pasa de 300 metros, se llaman así, y cuando es menor, toman el nombre de *cerros* ó *colinas*.

Cordillera. Es una serie de elevaciones ó una masa montañosa de larga extensión. También se llama *cadena de montañas*.

Contrafuertes, *estribos* ó *estribaciones*. Son las elevaciones que casi perpendicularmente se separan de la línea general de una cordillera y á derecha é izquierda, sirviéndola como de sostenes. Estos contrafuertes, tienen también los suyos, que se llaman *ramales*.

Altura. Es un nombre genérico que se aplica á cualquier terreno ú objeto que domina á otro. Así se dice la *altura* de un árbol, de una casa, de un cerro, de una montaña, etc. Las alturas tienen siempre gran importancia en la guerra. Se llama *altitud* á la elevación de un punto sobre el nivel del mar.

Cima ó *cumbre*. Es la parte más elevada de un monte.

Faldas, *laderas* ó *flancos*. Son las partes laterales de una montaña, que dan acceso á la cumbre. También se llaman *vertientes* cuando formando grandes concavidades sirven para recoger las aguas y conducir las á los terrenos bajos.

Divisorias. Se llaman así las líneas altas de los terrenos que separan las aguas á derecha é izquierda. Siguiendo las *divisorias* sería posible recorrer una inmensa distancia sin atravesar ninguna corriente, porque se iría siempre dejando á uno y otro lado las fuentes ó manantiales. La línea divisoria más alta en el terreno que se considera, se llama *divisoria general*. Esta línea muy importante en este género de

estudios, está determinada por las más elevadas cumbres, siguiendo sus caprichosas ondulaciones, y tiene otras divisorias que se derivan de ella y que titularemos *divisorias parciales*. Éstas, á su vez, se dividen y se subdividen en otras menos importantes á medida que se manifiestan en terrenos más bajos.

Las divisorias conviene marcarlas en el dibujo provisional que debe hacerse en el campo á modo de guía, para el dibujo definitivo, y generalmente se indican con trazos de lápiz sobre los cuales se hacen unos pequeños ángulos agudos cuyo vértice indica el descenso de la divisoria.

Obsérvese en el terreno la relación que hay entre las *divisorias* y las *vaguadas*. Por razón natural, cada una de éstas va entre dos divisorias, más ó menos próximas y casi siempre siguiendo la misma dirección.

Si colocados en lo alto de una cordillera siguiéramos la línea divisoria que ella determina, veríamos á uno y otro lado brotar las fuentes ó los manantiales y correr á los sitios bajos para engrosar su caudal con otros hasta formar grandes arroyos. Más adelante veríamos á éstos combinarse y confundirse para constituir ríos de segundo y tercer orden, los que á su vez corriendo hacia la gran vaguada ó cuenca, se unirían á las grandes arterias fluviales que van á perderse en el mar.

Observaríamos cómo se enlazan y combinan entre sí las vaguadas y las divisorias; éstas, para dar dirección á las aguas y aquéllas para recogerlas y conducir las á los terrenos más bajos, formándonos así perfecta idea de la relación que tienen las líneas más elevadas y más hondas del terreno.

En cuanto á la naturaleza de las montañas, varía lo mismo que su forma. Unas son de tierra, otras de roca, otras de una y otra materia, siendo ésta también muy variable. En cuanto á su forma están admitidos ciertos nombres que es indispensable conocer.

Gradas. Se llaman así las pendientes que con cierta regularidad son suaves y escarpadas alternativamente.

Grupa. Es una elevación de terreno en forma convexa.

Gargantas. Son los puntos donde una línea de alturas se deprime.

Puerto. Es lo mismo que garganta. Como ésta, indica un paso entre dos alturas.

Desfiladero. Es una garganta más estrecha y más larga.

Valle. Es una extensión más ó menos considerable de terreno hondo, entre varias montañas. La línea más baja del valle donde se unen las pendientes que lo forman, se llama *thalweg*, palabra que quiere decir *camino del valle*. Es la línea más honda del cauce de las aguas.

Cañada. Es un valle generalmente estrecho formado por alturas poco elevadas.

Torrentora. Es una cañada que forman las aguas llovidas ó las nieves derretidas al abrirse paso. Si es ancha, cubierta de arenas ó piedras rodadas, se llama rambla.

Pico. Es una elevación rápida y aguda del terreno.

Agujas. Se da este nombre á las cumbres que rematan en varias puntas.

Dientes. Son las agujas cuando su parte superior está achataada, como aserrada.

Combas. Son una especie de valles en terreno alto; depresiones que tienen una ó varias salidas.

Cabos. Se llaman así las lenguas de tierra que entran en el mar; cuando son rocas abruptas y ásperas las que penetran en él, reciben el nombre de *promontorios*.

Otros detalles del terreno tienen nombres muy conocidos y tanto por esta causa como porque son diferentes según las comarcas, no es necesario repetirlos.

CONJUNTO DE LAS OPERACIONES

Supongamos que se trata de levantar el plano de un terreno de poca extensión, sin más recursos que los empleados para las operaciones parciales antes detalladas, y supongamos también que se cuenta con tiempo suficiente para hacer el trabajo.

Antes diremos algo sobre las diferentes clases de planos que se conocen. Plano *geográfico* se llama al que comprende un continente, un gran Estado ó mares en extensión muy considerable. Como estos planos tienen que representarse por necesidad en una hoja de papel, resulta que por grande que ésta sea, no puede contener los signos convencionales á que nos hemos referido, lo que exige el empleo de otros y la supresión de casi todos los que hemos dado á conocer, resultando que los planos geográficos no dan idea más que de las grandes cordilleras, de los ríos, de los caminos, de las poblaciones, de los detalles más interesantes, en una palabra.

Planos *corográficos* son los que representan provincias, y por regla general no contienen más detalles que los anteriores.

Planos *topográficos* son aquellos que representan una pequeña extensión de terreno, pudiendo expresar detalladamente su forma exterior, los contornos de los caseríos y de las heredades, las tierras de cultivos diferentes, los caminos, las sendas, etc.

El levantamiento de un plano, ya hemos dicho que consta de dos operaciones distintas que en la práctica deben ejecutarse á un tiempo. Nos referimos á la *planimetría* y á la *nivelación*.

La operación preparatoria consiste en formar una serie ó red de triángulos, que se conoce con el nombre de *canevás*.

Para la formación del canevas se debe tener presente la conveniencia de que los ángulos de los triángulos no sean muy agudos, y al efecto, antes de empezar la operación, se recorrerá el terreno con objeto de formar idea de su estructura y determinar los puntos que por su posición visible desde otros, hayan de ser vértices de la triangulación, siempre teniendo en cuenta lo dicho respecto á la calidad de los ángulos.

El resultado de este examen debe ser un croquis, hecho con lápiz en el cual figuren las líneas características del terreno y sus puntos notables.

En esta ojeada deberá fijarse la dirección aproximada de la *divisoria general de las aguas*, marcando sus cambios de

dirección y las *divisorias parciales* que se derivan de la principal, dividiéndose en varias otras, para dejar espacio intermedio á las pequeñas *vaguadas*.

Después de hecho esto, el encargado del levantamiento del plano, deberá apreciar á ojo las mayores distancias del terreno en el sentido de lo largo y de lo ancho, con objeto de calcular el tamaño que deberá tener el papel con arreglo á la escala elegida.

Hechas estas operaciones preliminares, se elegirá una *base*.

Base se llama á una primera alineación que se establece con las siguientes condiciones á ser posible.

- 1.ª Que esté próximamente en el centro del terreno.
- 2.ª Que sea horizontal.
- 3.ª Que desde sus extremos se descubran los puntos más importantes.

Elegida la base se jalonará y medirá con la mayor exactitud.

El mejor procedimiento para medir las bases consiste en hacer la medición cuatro personas, dos desde un extremo y dos desde el otro. Empezando al mismo tiempo y confrontando los resultados habrá motivo para creer que son exactos si resultan iguales. En caso contrario, y cuando la diferencia sea pequeña, se tomará el término medio de las dos medidas hechas, que se repetirán si la diferencia fuese grande.

Después de hecha la medición de la *base*, se *orientará* y *nivelará*, esto último si el terreno no hubiera permitido establecerla en sentido horizontal y después de reducida al horizonte, se trasladará al papel su proyección horizontal anotando en el registro lo que éste indica en el capítulo XV.

Estas operaciones de jalonar, medir, orientar y nivelar la base, exigen sumo cuidado, porque como de ella han de partir todas las operaciones, no resultará ningún punto de la triangulación ó *canevás* bien situado, si se ha cometido un error en cualquiera de ellas.

Si la base no es horizontal, será conveniente apreciar la diferencia de nivel desde extremos opuestos, hasta convencerse

de que la operación está bien hecha, lo que se conocerá cuando en distintos sentidos resulte el mismo desnivel ascendente ó descendente, y por consecuencia la misma reducción al horizonte.

Después de medida la base y trasladada al papel se elegirán á derecha é izquierda de ella dos puntos notables del terreno, situados á ser posible, de tal modo que resulten equiláteros los dos triángulos que formen con los extremos de la base.

Cuando el terreno no presenta estos puntos, se clava en ellos un jalón con una banderola, teniendo cuidado al retirar aquel de marcar el sitio en que estuvo con piedras grandes, alguna de ellas metida en el terreno, con objeto de que si fuese necesario suspender la operación, sea fácil, al continuarla, colocar la bandera en el mismo sitio.

Para establecer estas señales, suelen llevarse á prevención unas cuñas ferradas que se clavan á mazo.

LEVANTAMIENTO DE PLANOS Á OJO.

Como es imposible dictar reglas sobre lo que es irregular por su propia naturaleza, más por seguir la costumbre que por verdadera necesidad, vamos á decir algo acerca del *levantamiento de planos á ojo*.

El levantamiento de planos á ojo, mejor dicho, de un croquis, se ejecuta cuando el tiempo apremia ó los recursos faltan, y como esto suele suceder en la guerra con mucha frecuencia, de aquí que los croquis tengan aplicación en las operaciones militares.

Mucho mejor que en relato elocuente, y además de elocuente ajustado á la verdad, sirve en casos tales un dibujo que presente á la vista del que lo ha de examinar, la dirección y enlace de los caminos y de las corrientes de agua, los puentes, las alturas, los caseríos, los cultivos, etc., porque el relato puede borrarse de la memoria y el dibujo queda siempre auxiliándola.

También es evidente que trazará mejor un croquis, el que tenga más práctica en el levantamiento de planos regulares, con

instrumentos más ó menos apropiados, porque la costumbre de medir distancias y pendientes, facilita la reducción aproximada de aquéllas al horizonte y el trazado de las curvas de nivel, que depende de ambas operaciones.

Para levantar un plano á ojo, convendrá situarse en un punto alto y trazar en él con la vista una línea que sirva de base, apoyando sus extremos, cuando sea posible, en dos detalles importantes, como por ejemplo, fábricas, caseríos, puentes, etc.

Hecho esto se trazará en el papel una línea que represente la del terreno y se orientará con la mayor exactitud posible.

Desde uno de los extremos se dirigirán visuales á todos los puntos notables, y después de trazar en el papel líneas que las representen formando con la base ángulos próximamente iguales á los que aquellas forman con la línea del terreno, se fijarán en el papel los puntos observados ya por la intersección de las líneas que representen las visuales, ya apreciando á ojo la distancia á que se encuentran del punto de observación, según la escala que se haya adoptado.

La planimetría en este género de trabajos se obtiene con facilidad, porque todo se reduce á colocar en el papel los puntos notables en situación semejante á la que tienen en el terreno, pero no es tan fácil la nivelación.

Sin embargo, trazando la dirección de las divisorias y de las vaguadas más importantes, se puede determinar la forma de las curvas de nivel y del examen de las principales alturas, deduciremos la mayor ó menor importancia de las pendientes que podrán darnos con cierta aproximación las diferencias de nivel entre los vértices del canevas, puntos que siempre deberán situarse en el plano con la mayor exactitud posible.

MEMORIAS.

Hemos dicho que á todo plano debe acompañar una Memoria.

Veamos ahora lo que debe contener, según su concepto de *descriptiva* ó de *militares*.

Respecto al terreno deberá indicar la Memoria, si es *llano*, *ondulado*, *quebrado*, *montuoso* ó *montañoso*.

Llano, es el que no ofrece desnivel, presentando, cuando más, ligeros pliegues.

Ondulado, cuando siendo llano en su aspecto general tiene elevaciones y depresiones suaves de alguna extensión.

Quebrado, cuando tiene obstáculos naturales más ó menos importantes que lo hacen de difícil acceso.

Montuoso, es el ondulado con pendiente más rápidas que solamente se puede recorrer á pie ó caballo dando rodeos.

Montañoso, es el erizado de montañas, con grandes escarpados y barrancos que sólo se puede recorrer por veredas.

Considerado un gran espacio de terreno en cualquiera de los casos anteriores, se dice que es *ascendente* ó *descendente*, cuando según el punto á que nos dirigimos se eleva ó se deprime.

Cubierto, se llama al terreno que por su naturaleza ó por obstáculos artificiales, no se puede examinar con la vista hasta el extremo de descubrir lo que se oculte en él.

Descubierto, es aquel que no puede ofrecer abrigos á los hombres ó á los caballos, sobre todo cuando constituyen grupos más ó menos numerosos.

Practicable, es el terreno que fácilmente se puede recorrer sin fatiga extraordinaria en cualquier dirección.

Impracticable, es el que tiene condiciones contrarias al anterior y no permite el paso sin que se venzan artificialmente los obstáculos que presenta.

Hay terrenos que son impracticables en determinadas épocas del año.

Por ejemplo, un terreno *arcilloso*, es impracticable en tiempo de lluvia.

Difícil, puede llamarse al terreno que sin ser impracticable dificulta la marcha. Tales son los *arenosos* y los *pedregosos* y los que están cubiertos de *maleza*, de *viñas*, de *arrozales*, etc.

Desde el punto de vista militar puede decirse que un terreno es *favorable* ó *desfavorable*, para el desarrollo de tales ó cuales fuerzas.

DESCRIPCIÓN FÍSICA.

Para escribir la Memoria en el sentido que el epígrafe indica se tendrá presente:

1.º La *Posición geográfica*. Con este motivo se indicarán los límites del terreno, su *altitud* ó elevación con respecto al nivel medio del mar, la forma del terreno, esto es, si es llano, montañoso, quebrado, practicable, etc.

2.º La *Orografía*. Esto es, su sistema montañoso, lo que obligará á indicar cuáles son los puntos elevados, los estribos, las divisorias, las vertientes, las confluencias, etc., examinando su importancia con relación al objeto del plano.

3.º La *Hidrografía*. Es decir, todo lo referente á las aguas que riegan el terreno, como por ejemplo su velocidad, la profundidad de los ríos, la naturaleza del lecho, de las orillas, si son ríos navegables, si hay fuentes, pozos, etc., y el número de hombres que sus aguas potables pueden alimentar, etc.

En esta parte se indicará el número de habitantes que mantienen sus acueductos las tierras que riegan los destinados á este objeto, los lagos, lagunas, charcas que contenga, con explicación de su hondura, calidad de las aguas, naturaleza del fondo, orillas, etc.

Los estanques, los pantanos, las marismas y las fuentes, indicando el caudal que éstas tienen, y por último, el número de pozos y aljibes que haya en el terreno.

Para completar la Memoria constarán en ella los antecedentes que seguiremos enumerando.

Clima. Si es cálido, frío, seco ó húmedo. Si es sano ó enfermizo, y en este último caso cuales son los padecimientos más frecuentes. La temperatura máxima en verano y mínima en invierno. Época de tormentas.

Caminos. Su clasificación según lo indicado en el capítulo IV que trata de las vías de comunicación.

Al tratar de las barcas ó de los vados, se indicará, respecto á las primeras, el peso que pueden contener, y respecto á los segundos, su profundidad y su anchura.

Noticias estadísticas. Deberán especificar la provincia, el partido y el ayuntamiento á que pertenece el terreno y si es ó no en todo ó en parte de propiedad particular. Su dependencia en lo militar, en lo civil, en lo eclesiástico, su número de habitantes, sus costumbres, su carácter, sus industrias ú oficios, su instrucción. Los edificios públicos ó particulares más notables y su posición ó resistencia, si se tratara de utilizarlos militarmente. Las fuerzas que se pueden alojar en las casas, en las chozas, etc. El número de caballos que se puede acomodar en las cuadras, en los corrales cubiertos, etc. Las primeras materias que produce y las que necesita. Si hay molinos, de qué clase y cuánto pueden producir. Número de caballos, acémilas y carros. Ganados, con su clasificación en lanar, de cerda y vacuno.

En una palabra, cuanto pueda ilustrar al que ordenó la ejecución del plano.

GEOGRAFÍA *

DESCRIPCIÓN DE MÉJICO

Características Generales.—La forma del territorio de la República Mejicana, es el de una cornucopia por la figura que fija su perímetro teniendo en la parte superior su límite con los Estados Unidos de América, estando éste en la parte más ancha.

El límite con los EE. UU.† es de 1833 millas de longitud, de las que el Río Grande ocupa 1136. Su anchura gradualmente decrece hasta cerca de 135 millas en el Istmo de Tehuantepec; bajando de allí, su anchura gradualmente vuelve á aumentarse. Su mayor longitud es de cerca de 1900 millas. Además de este cuerpo principal, Méjico tiene las dos penínsulas de la Baja California, poco separada del Golfo de California, y la península de Yucatán. Debido á estas penínsulas su línea de costas es de grande extensión, lo que aumenta en 6301 millas, de las cuales 1727 son del Golfo de Méjico y del Mar Caribe, y 4574 son del Océano Pacífico.

Hay 24 puertos en el Golfo de Méjico y 31 en el Océano Pacífico. La mayor parte de los puertos naturales están del lado del Pacífico. En el lado del Atlántico sólo se cuenta con pocos puertos naturales, y está lleno de bancos de arena formados por los vientos corrientes y sedimentos arrastrados del interior por los ríos. Los puertos de Tampico, Veracruz y Puerto Méjico ó Coatzacoalcos han sido mejorados, particular-

* Del "Boletín de Ingenieros," Méjico, 16 de Marzo de 1912.

† EE. UU.=Estados Unidos.

mente este último puerto del Golfo, que toca el Ferrocarril Nacional de Tehuantepec; se han invertido grandes sumas de dinero y es accesible á toda clase de buques. Los otros puertos más importantes del Golfo son: Matamoros, Tuxpan, Frontera, Carmen, Campeche y Progreso. En estos puertos la profundidad del agua sobre la barra, en la entrada, varía de cuatro á quince pies, y los barcos tienen que estacionarse de una y media á cinco millas afuera, para la descarga.

En el lado del Pacífico están los puertos naturales de Ensenada con cuatro á cinco fathoms de agua; la Bahía de Magdalena, que es un puerto natural perfectamente resguardado; La Paz; Santa Rosalía con doce fathoms de agua, puerto mejorado con rompeolas; Topolobampo, que es el término del Ferrocarril de Kansas City and Orient, con 35 pies de agua, diques, etc.; Manzanillo, treinta á sesenta pies de agua; Acapulco, dieciséis fathoms; y Salina Cruz, el punto terminal en el Pacífico, del Ferrocarril de Tehuantepec, con treinta y dos pies de agua á lo largo de los muelles.

Guaymas tiene una profundidad de catorce á quince pies. Mazatlán y Altata tienen grandes puertos interiores; pero tienen bancos de arena en las entradas, las que sólo tienen de nueve á doce pies de agua. San Blas y San Benito son bahías inseguras, teniendo que anclar á una milla de la playa.

La principal parte de Méjico es esencialmente una altiplanicie, la prolongación sur de las llanuras elevadas y desiertos de la parte suroeste de los Estados Unidos. Está rodeada y atravesada por montañas y descende por planos más ó menos carecentes de tierras bajando hasta las costas. La planicie en la vecindad de Méjico y Puebla, esta á cerca de 8000 pies de altura sobre el mar, descendiendo hacia el norte á 3600 pies en El Paso, sobre el Río Grande.

En el lado oeste esta planicie esta limitada por la casi no interrumpida cadena de montañas de la Sierra Madre Occidental, que entra en la República por Arizona, y se extiende al Estado de Colima con una elevación media de 10,000 pies. Tiene

varias ramificaciones las que corren en diferentes direcciones.

La Sierra Madre Oriental, que forma el límite oriental de la planicie, es menos continua y á intervalos está más lejos de la costa del Golfo de Méjico que la cadena opuesta lo está del Pacífico. Esta cadena tiene una elevación media de cerca de 6000 pies.

Los lados interiores de estas dos cadenas limítrofes descienden algo suavemente á las planicies centrales, en tanto que en los lados de las costas son más pendientes, con rocas escarpadas y surcadas con profundas grietas ó gargantas.

Estas dos cadenas principales se unen y elevan al sur de la Ciudad de Méjico en un laberinto de montañas irregulares, cumbres y volcanes, tales como Popocatépetl y Orizaba é incluyen una línea irregular de montañas extendiéndose al E. y O. y conocidas por "Cordillera de Anáhuac."

Esta grande planicie central ha sido descrita como teniendo su superficie "cubierta con grandes y continuas vertientes de los volcanes y los detritus arrastrados vienen por los declives de las montañas, los cuales llenan las depresiones primitivas, formando de esta manera los valles actuales sobre lo que encontramos esta nueva superficie. Las montañas de la planicie, casi enterradas en los detritus acumulados en las edades pasadas, aún asoman sus cabezas sobre el nivel general y aquí y allá se ve la continuación de las cimas ó cadenas de montañas, las cuales dividen la planicie en bien definidos valles."

La mayor parte de esta planicie central es excesivamente seca, presentando en algunas partes el carácter de un desierto. La carencia de agua es la causa del gran atraso y falta de progreso de la agricultura en esas regiones y puede también constituir el gran obstáculo á las operaciones militares en esos lugares.

El Valle de Méjico.—El valle de Méjico es una inmensa cuenca, de forma aproximadamente circular, abrazando 2220 millas cuadradas, y completamente rodeada por altas montañas,

á través de las cuales solamente dos ó tres enteramente elevadas franquean una entrada.

Antes de la construcción en estos últimos años de un gran canal, no se utilizaban las aguas que se derramaban en los lados interiores de las montañas; ellas eran colectadas en seis lagos que se encuentran esparcidos en la superficie del valle. Chalco y Xochimilco (agua dulce), Texcoco, Xaltocan, San Cristóbal y Zumpango (agua salada).

Los trabajos de drenaje inaugurados en los últimos años, han reducido la extensión de estos lagos, y grandes extensiones de tierra que anteriormente estaban cubiertas por agua, están ahora listas para el cultivo.

Ríos y Lagos.—Méjico no tiene grandes ríos. Los de la planicie, casi generalmente, van á terminar en lagos sin salida ó depósitos de agua salada, en tanto que los que provienen de las montañas son pequeños, y durante la estación de las lluvias son de carácter torrencial. Sin embargo, algunos de estos ríos han cortado su corriente dentro de la planicie, formando profundos valles ó “cañones,” algunos de ellos 1000 y aún más pies, bajo la superficie de la planicie. Estas “barrancas,” como ellos las llaman, contienen ó son provistas de agua por pequeños riachuelos, y contrastan por lo lujurioso de su vegetación, con las secas y á menudo áridas planicies que están arriba de ellas.

El Río de Santiago, conocido en su corriente superior por el Río Lerma, es el más grande, teniendo cerca de 500 millas de longitud, y desembocando en el Pacífico, en el puerto de San Blas; pero es sólo navegable en una pequeña parte de su corriente. El Río Pánuco, que desemboca en el Golfo de Méjico, en Tampico, tiene su más grande caudal cerca de la ciudad de Méjico; tiene recientemente, por la construcción de un gran canal, antes mencionado, un túnel, el cual fué hecho para drenar el valle de Méjico de las aguas, las cuales, anteriormente, no se podían usar para el canal del drenaje para esta populosa región.

Este río es navegable por pequeños barcos en una distancia de cerca de 250 millas de su embocadura y es navegado por un regular número de vapores.

El Papaloápam desemboca en el Golfo de Méjico, cerca de Veracruz; sus tributarios son también navegables en pequeñas distancias.

El Usumacinta y Grijalva son navegados por pequeños vapores en una distancia de 90 y 75 millas, respectivamente, y por ligeros pequeños barcos destacados una considerable distancia más lejos.

El Lago de Chapala, en el Estado de Jalisco, es el más grande lago de Méjico, teniendo cerca de 70 millas de largo y de 15 á 20 de ancho. Este lago, comparado con los lagos más chicos de Méjico, de los cuales hay muchos, es más notable por lo pintoresco y su natural belleza, que por su importancia comercial ó como medio de comunicación. Sin embargo, pequeños vapores navegan continuamente en este lago, también como en los lagos del Valle de Méjico.

Comunicaciones.—1. *Calzadas.* Las calzadas de Méjico son generalmente pocas, aun cuando en los últimos años, con el advenimiento del automóvil, se han hecho algunas mejoras, especialmente en las vecindades de las grandes poblaciones y ciudades. Una antigua autoridad dice, refiriéndose á la planicie central, que aun cuando no eran caminos para coches, se podía viajar en carruaje de la ciudad de Méjico á Santa Fe. La comunicación entre las costas y la planicie central, está naturalmente limitada á los caminos que atraviesan los pocos pasos naturales que existen en las montañas que limitan.

En la planicie, á lo largo de las costas y á través de estos pasos, existen caminos carreteros y pueden hacerse trasportes con coches.

En muchos de los distritos montañosos y mineros sólo hay veredas por las cuales sólo se puede trasportar á lomo de bestias ó por peones.

2. *Ferrocarriles.* Los ferrocarriles, en lo general, están en

lo que anteriormente fueron los principales caminos carreteros ó caminos reales en el país. Hay cerca de 15,000 millas de ferrocarril construídas hasta la fecha y varias líneas importantes, proyectadas, procediéndose ya á su construcción. Algunos de estos caminos fueron al principio construídos con diferentes anchuras de vía, menores que la reglamentaria, pero de los más importantes caminos que están representados en el mapa, el único ferrocarril construído de vía angosta, es el de Veracruz á Méjico, vía Jalapa, y conocido con el nombre de Ferrocarril Interoceánico, cuya vía tiene tres pies de anchura.

Todos los caminos son de vía simple.

Con la conclusión del Ferrocarril Panamericano en 1910, de Gamboa, en la línea del Ferrocarril Nacional de Tehuantepec á la frontera de Guatemala, hay ahora conexión ferrocarrilera continua; de los Estados Unidos á ese punto, los trabajos progresan en partes del camino al sur, con objeto de completar tan pronto como sea posible, una línea de comunicación por ferrocarril hasta el Istmo de Panamá.

El Southern Pacific, que entra á la República por Nogales, y generalmente sigue la costa, está activando los trabajos de construcción en dirección á Guadalajara, en donde se unirá con el Central Mexicano, así conectando la parte más grande de la costa del Pacífico y puertos con la ciudad de Méjico y el interior del país. En Marzo estuvieron corriendo trenes hasta Santiago, cerca de 140 millas de Guadalajara.

La terminación del Ferrocarril de Kansas City y Oriente, que sigue y aún es casi línea directa de Kansas City al puerto de Topolobampo, nos dará otro eslabón que conectará con los puertos de la costa del Pacífico y el interior, y será también la ruta más corta del interior de los Estados Unidos á cualquier punto del Océano Pacífico.

Casi todos los ferrocarriles de Méjico han sido construídos por capitales extranjeros, pero por compra recientemente consumada por el Gobierno, éste ha ganado el control de las principales líneas, de tal manera que con excepción de 15,000 millas

de ferrocarril, el Gobierno posee ó tiene el control de cerca de 8700 millas.

Telégrafos y Cables.—El sistema telegráfico del país está bajo el control del Gobierno. Todas las ciudades de importancia están conectadas y el sistema está también conectado con la compañía "Western Union Company" de este país.*

El Gobierno posee y hace funcionar un cable submarino de Veracruz á Campeche y Yucatán. La Compañía Telegráfica Mejicana, hace funcionar estos cables entre Gálveston, Veracruz y Puerto Méjico. Hay también conexión de este cable entre Salina Cruz, Guatemala y Costa Rica.

El sistema de teléfonos del país es bueno. Hay tres instalaciones inalámbricas, una que da comunicación entre Guaymas y Santa Rosalía á través del Golfo de California, otra entre Mazatlán y San José del Cabo, Baja California, y la tercera entre Payo Obispo y Xcalax, Quintana Roo.

Clima.—El trópico de Cáncer cruza á México, próximamente á la mitad de la distancia que separa sus límites norte y sur, estando por consiguiente la mitad de la parte sur del país en la Zona Tórrida.

El clima de cualquiera localidad particular depende sin embargo, más de su elevación, que de su posición geográfica. Con motivo de la gran cadena en elevación y consecuentes diversidades de clima y vegetación, por ejemplo, la zona caliente ó "tierra caliente," entre el nivel del mar y una elevación de cerca de 3,000 pies, con una temperatura media anual que es entre 62° y 70° F.; y la zona fría ó "tierra," sobre 6,000 pies, con una temperatura media anual de 59° á 63° F., en la parte de la región más fría en el norte, la temperatura extrema es cerca de 20° F., y en la parte más caliente de la zona en el sur, la temperatura más alta es cerca de 110° F.

En tanto que la variación anual de la temperatura no es grande, la variación diaria es considerable, siendo la parte más fría del día precisamente después de la salida del sol. Durante

* United States.

la marcha que hizo Santa Ana saliendo de San Luis Potosí á atacar al general Taylor en Febrero de 1847, se cuenta que muchos soldados se enfriaban hasta morir de frío durante las noches; se tuvo que suspender la marcha una ocasión durante el día con motivo del excesivo calor.

Estaciones.—En la parte norte de Méjico las cuatro estaciones son más ó menos marcadas notablemente, pero en la parte sur, no hay sino dos estaciones, la seca y la estación de las lluvias. Siendo las lluvias generalmente en Junio, aumentan considerablemente en Julio y terminan en Noviembre, aunque la estación varía en diferentes localidades, siendo la estación de lluvias generalmente más grande en las regiones á lo largo de las costas. La lluvia cae regularmente cerca de la misma hora todos los días y en la planicie, los caminos, que son generalmente malos, se hacen cenagosos y á lo largo de las costas, pequeños ríos que son comunmente insignificantes, llegan á hacerse obstáculos impasables, aunque debido á lo relativamente corto de la longitud de estos ríos, las aguas generalmente desaparecen después del tiempo de las lluvias.

XVI

EL AUTOMÓVIL *

AUTOMÓVILES MOVIDOS POR MOTOR DE EXPLOSIÓN

El Motor.—El motor de explosión, empleado en la mayor parte de los coches automóviles, utiliza, para producir la fuerza motriz necesaria para la propulsión del vehículo, la fuerza que resulta de la expansión de los gases producidos por la combustión explosiva de una mezcla de aire y de vapores de esencia de petróleo (ó gasolina) ó de alcohol.

Es, pues, este motor un motor “de combustión interna”: la mezcla de vapores de hidrocarburo y de aire, producida en el *carburador*, es introducida en el cilindro por la aspiración; una chispa eléctrica determinada en el seno de dicha mezcla previamente comprimida, como más adelante veremos, da lugar á una *explosión*: la expansión de los gases que resulta de esta combustión con explosión empuja al émbolo y produce la fuerza motriz; por último, se arrojan á la atmósfera dichos productos de la combustión para dejar libre al cilindro y en condiciones de recibir una nueva cantidad de mezcla carburada fresca.

El combustible.—El combustible (ó *carburante*) empleado en casi todos los motores de automóvil es la *esencia de petróleo* ó *gasolina*. La esencia de petróleo es el producto que da entre 70 y 120° la destilación del petróleo bruto.

Para que el motor funcione de un modo satisfactorio, es necesario que la gasolina que en él se emplee reúna ciertas con-

* Del “Manual Práctico de Automovilismo,” por Miguel Zerolo, Paris, 1911.

diciones: debe ser *homogénea*; es decir, no ser una mezcla de productos de destilación ligeros con otros densos, pues en tal caso la vaporización se haría mal, evaporándose primero los productos más volátiles y quedando después de algún tiempo un líquido poco volátil con el cual es imposible realizar la carburación. Para conocer si la gasolina es homogénea, se vierten unas gotas en la palma de la mano: deben evaporarse sin dejar residuo alguno.

La *densidad* de la gasolina tiene gran importancia: sólo se debe emplear un líquido que marque con el densímetro de 680 á 710° (ó sea un peso específico de 0,680 á 0,710) á la temperatura de 15 grados centígrados.

La combustión de un gramo de gasolina produce 11 calorías; la mezcla normal está compuesta de 16 litros de aire por cada gramo de esencia de petróleo.

El consumo de esencia de petróleo ó gasolina es hoy considerable; como consecuencia, su precio ha aumentado considerablemente y hasta se ha considerado con temor la posibilidad de que llegue á faltar un día la gasolina.

Es ésta una de las razones de la campaña que se ha hecho en pro del *alcohol motor* y de las numerosas tentativas por reemplazar la gasolina por el alcohol en los motores de explosiones. Hasta ahora no se ha generalizado esta aplicación, aunque se han conseguido resultados muy interesantes: la Compañía General de los Ómnibus de París emplea el *alcohol carburado* en algunos de sus ómnibus automóviles.

Alcohol carburado, decimos: es que el alcohol puro no se volatiliza tan bien como la gasolina, lo cual da lugar á dificultades para el arranque del motor. Se emplea, pues, generalmente alcohol mezclado con una proporción conveniente de otro cuerpo de poder carburante mayor. Con este objeto se utiliza generalmente la bencina.

También se emplea en algunos casos el *petróleo* ordinario,

pero no todos los carburadores se prestan á ello: el petróleo es mucho menos volátil que la gasolina y el arranque del motor es difícil si no está provisto el carburador de una disposición para calentar el carburante y facilitar su volatilización.

El conjunto del coche.—Un automóvil con motor de explosión está constituido por los siguientes elementos esenciales:

- 1.° El *motor*;
- 2.° El *carburador*, que sirve para producir la mezcla carburada;
- 3.° El *encendido ó inflamación*, que tiene por objeto producir la combustión explosiva de la mezcla carburada;
- 4.° El *enfriamiento*;
- 5.° La *regulación* y los órganos para regular el régimen de marcha del motor;
- 6.° El *cambio de velocidad*, la *marcha atrás* y el *embrague*;
- 7.° La *transmisión* y el *diferencial*;
- 8.° La *dirección*;
- 9.° Los *frenos*;
10. El *silencioso*; los aparatos de *engrase*;
11. El *bastidor* y la *caja*.

En este orden vamos á estudiar ahora los órganos fundamentales de un automóvil movido por motor de explosión.

EL MOTOR.

Los motores de explosión empleados en los automóviles son casi todos del tipo llamado de cuatro tiempos.

Funcionamiento del motor de cuatro tiempos.—Si suponemos un motor en marcha normal, se puede descomponer su funcionamiento en cuatro tiempos que se repiten indefinidamente en un orden determinado, según un ciclo al cual se ha dado por esta razón el nombre de *ciclo á cuatro tiempos*.

Durante el primer tiempo (*aspiración*), el émbolo aspira en el cilindro cierta cantidad de aire carburado; durante el segundo tiempo (*compresión*) el émbolo vuelve hacia atrás, y,

por consiguiente, comprime la mezcla carburada; al final de este tiempo, ó, más exactamente un poco antes, se produce la inflamación de la mezcla; resulta de ello una *explosión* que empuja el émbolo hacia adelante; por último, durante el cuarto tiempo (*escape*), la vuelta del émbolo expulsa los productos de la combustión.

Observará el lector que, de estos cuatro tiempos, uno solo, el tercero, es motor, y que el árbol motor da dos vueltas para la realización del ciclo completo; la consecuencia de esto es la necesidad absoluta de un volante bastante pesado sobre el árbol, debiendo este órgano suministrar la fuerza necesaria para producir el movimiento del émbolo durante los tiempos primero, segundo y cuarto cuyo trabajo es negativo. Lo mismo ocurre con los motores fijos de gas cuyo funcionamiento es igual de todo punto al de los motores de esencia.

La compresión producida durante el cuarto tiempo es necesaria para el buen rendimiento del motor. En un motor de explosión se deja una "cámara de explosión" detrás del émbolo.

Descripción de un motor de gasolina.—Vamos á estudiar sucesivamente el cilindro, las válvulas y el émbolo.

Número de cilindros.—Durante mucho tiempo, los automóviles estaban provistos únicamente de motores monocilíndricos; hoy día, los constructores emplean cada vez más motores de varios cilindros. Los motores monocilíndricos sólo se emplean en las motocicletas y en los coches ligeros (*voiturettes*) movidos por motores de 8 á 10 caballos.

Las ventajas de los motores policilíndricos son varias é importantes. En primer lugar, de un modo general, los coches modernos son mucho más potentes que los que se construían antes; no es raro el ver vehículos de *turismo* provistos de un motor de 24 caballos de fuerza, y las potencias de 40 caballos de fuerza son relativamente frecuentes en los automóviles de lujo, como algunas *limusinas*. Un motor monocilíndrico de semejante potencia ocuparía mucho espacio mientras que varios cilindros son de colocación mucho más fácil; es ésta,

pues, una primera razón de la necesidad de los motores de varios cilindros.

Por otra parte, con los motores monocilíndricos, los efectos de la trepidación se hacen sentir de un modo notable, de lo cual resulta una incomodidad bastante grande para los viajeros, además de ser ésta una condición poco favorable para la buena conservación del mecanismo. Empleando motores policilíndricos, se puede obtener un equilibrio perfecto, y, por consiguiente, un funcionamiento muy suave y muy agradable. Por último, se puede combinar la marcha de los varios cilindros de manera que se obtenga una explosión á cada vuelta de manivela, lo cual da la posibilidad de emplear volantes mucho más ligeros.

En todo caso, se pueden asimilar para una primera descripción los motores policilíndricos á los motores monocilíndricos, pues podemos admitir que aquellos están formados por la yuxtaposición de varios de los de la segunda categoría.

1. El cilindro.—Los cilindros de motor de automóvil son casi siempre de fundición (arrabio); algunos constructores, sin embargo, emplean el acero (*Panhard-Levassor, Germain, Charron*, etc.).

Siendo estos motores de simple efecto, está abierto el cilindro en una de sus extremidades; de igual manera que en los motores fijos de gas, el émbolo tiene una longitud suficiente para estar bien guiado.

El enfriamiento del motor está realizado, en los de pequeñas potencias, por la simple acción del aire. Con este objeto, la parte superior de los pequeños motores está provista al exterior de aletas, para aumentar la superficie de enfriamiento. En algunos tipos estas aletas están fundidas de una sola pieza con el motor; en otros, están añadidas y hasta algunas veces formadas por un metal diferente del cilindro (se emplea entonces para las aletas un metal mejor conductor). Para las potencias superiores á 3 ó 4 caballos, el enfriamiento por circulación de agua es necesario. Para realizarlo, se dispone,

alrededor de la parte superior del cilindro, una doble envuelta ó *camisa de circulación de agua* que permite la circulación del agua de enfriamiento. De igual manera que para las aletas, esta segunda envoltura puede estar fundida con el cilindro, ó como en ciertos motores, estar añadida, y en este caso, constituida generalmente por otro metal, el cobre, el aluminio ó una aleación.

Motores excéntricos (*Moteurs désaxés*).—En la mayor parte de los motores de explosión, el eje del cilindro pasa por el eje del árbol motor; algunos constructores, en particular Mors y Brasier, han hecho motores en los cuales el eje del árbol motor no coincide con el eje del cilindro.

Esta construcción tiene por objeto el aumento de rendimiento del motor.

2. Las válvulas.—Cada cilindro está provisto de dos válvulas, una para la admisión y otra para el escape.

a.—VÁLVULAS DE ADMISIÓN.—Las *válvulas de admisión* se abren, naturalmente, de afuera hacia adentro. Durante mucho tiempo, las válvulas de admisión eran *automáticas*, es decir, que su abertura era producida por la aspiración misma. Un resorte cierra la válvula en cuanto empieza á retroceder el émbolo (compresión). Este sistema que, á primera vista, presenta la ventaja de ser muy sencillo, da lugar, sin embargo, á algunas dificultades. Efectivamente, la regulación de la tensión del resorte es difícil: para que la aspiración se haga bien se necesita un resorte flojo (con objeto de que se produzca rápidamente la abertura); en cambio, el cierre rápido, que debe tener lugar al terminar el tiempo de aspiración, requiere un resorte duro. Estas condiciones contradictorias son inconciliables.

Á pesar de estos inconvenientes, los constructores dieron durante muchos años la preferencia á las válvulas de admisión automática; hasta hace poco dominaba este tipo de válvulas. Y sin embargo, ya en 1891, MM. Forest y Gallice habían demostrado el interés de las válvulas de admisión *mandadas*, ó

sea accionadas mecánicamente, con su motor de cuatro cilindros, de expansión prolongada, con todas sus válvulas mandadas.

Hoy ha triunfado esta idea y las válvulas de admisión automáticas son cada día más raras, hasta en los motores monocilíndricos.

Las válvulas de admisión *mandadas* dan, sin duda alguna, una precisión mucho mayor en los momentos de abertura y de cierre; permiten la regulación de la potencia del motor por la variación de abertura de las válvulas. Se obtienen de esta manera motores mucho más elásticos que los motores de válvulas automáticas, pues éstos deben funcionar siempre á una velocidad que se aproxime todo lo posible á su velocidad de régimen.

Los sistemas para hacer variar la carrera de las válvulas de admisión mandadas pertenecen á uno de los dos tipos siguientes:

- a) levas de perfil variable;
- b) dedo cónico ó cuña cuyo diámetro variable se viene á colocar, á la voluntad del conductor, entre el tope y la varilla de la válvula.

b.—Válvulas de escape.—Las *válvulas de escape* son siempre, indispensablemente, *mandadas*. Efectivamente, estas válvulas deben resistir durante el tercer tiempo (compresión) á una presión superior á la que reina en el cilindro durante el cuarto tiempo (escape); por consiguiente, si las válvulas de escape fuesen automáticas, se abrirían en el tercer tiempo y no en el cuarto.

La abertura de las válvulas de escape se hace por medio de *levas* montadas sobre un árbol accionado por el árbol motor; estas levas vienen á actuar sobre unas piezas generalmente oscilantes que levantan las varillas de las válvulas. Un muelle viene á aplicar la válvula sobre su asiento en cuanto cesa la leva de obrar sobre la varilla de la válvula.

La leva de escape está casi siempre estudiada de manera que produzca la abertura del escape antes de llegar el émbolo al punto muerto inferior (*avance al escape*); el cierre tiene lugar cuando llega el émbolo al punto muerto superior; en este momento se abre la válvula de admisión y empieza la aspiración.*

El resorte de la válvula de escape debe ser bastante fuerte para mantener á la válvula sobre su asiento durante los períodos de aspiración. Sin embargo, no debe ser demasiado fuerte dicho muelle, pues tendría entonces tendencia la válvula á romperse en el cuello, es decir, en la unión entre la válvula propiamente dicha y su varilla.

Las válvulas de escape trabajan en condiciones especiales y diferentes de las válvulas de admisión: las válvulas de escape son lamidas por los productos de la combustión cuya temperatura es muy elevada y basta, con frecuencia, para calentar al rojo las válvulas y el comienzo de los tubos de escape.

Teniendo en cuenta estas condiciones especiales se construyen en algunos casos más gruesas las válvulas de escape que las de admisión; pero en casi todos los motores son iguales, con objeto de que puedan ser intercambiables.

El mando de las válvulas se hace casi siempre por medio de engranajes montados sobre los árboles de las levas y atacados por otra rueda de engranaje montada sobre un prolongamiento del árbol del motor. Estos engranajes reducen á la mitad la velocidad del motor, pues las válvulas sólo deben abrirse ó cerrarse cada dos vueltas del árbol motor.

En algunos coches de la casa Pipe, están las válvulas inclinadas á 45°, con objeto de reducir las superficies externas de la culata para aumentar el rendimiento.

La posición relativa de las válvulas de admisión y de escape varía de un modelo á otro. Por ejemplo, en los coches Re-

* Para mayores detalles sobre la regulación de la distribución en los motores de explosión, véase M. Zerolo, *Comment on construit une automobile* t. III (Garnier frères, editores).

nault hermanos contruïdos antes del 1904, las válvulas de admisión se hallaban por encima de las válvulas de escape y, por consiguiente, á un lado de los cilindros.

En los motores dos-cilindros de los coches Renault 1904, las válvulas de admisión están colocadas en el vértice mismo de los cilindros, lo cual presenta ventajas, desde el punto de vista de la admisión y del rendimiento, y lo cual da á las válvulas de escape una facilidad de acceso perfecta, puesto que basta, para desarmarlas, con aflojar el tapón colocado encima de ellas, sobre la culata.

La tendencia actual, que se observa en casi todos los motores modernos, es la de colocar las válvulas simétricamente, las de admisión á un lado y las de escape del otro lado.

3. El émbolo.—El émbolo de los motores de automóviles está formado por un simple cilindro hueco, de un solo fondo, provisto al exterior de tres ó cuatro ranuras, en las que van colocados los segmentos destinados á dar el cierre perfecto con el cilindro.

Es éste un sistema muy frecuente en las máquinas de simple efecto. La biela está articulada directamente al interior del émbolo.

Este sistema de émbolos en forma de cilindros largos tiene por objeto el que estén bien guiados, puesto que la barra misma del émbolo no lo puede estar como sucede en las máquinas de doble efecto.

4. La biela y el árbol motor ó cigüeñal.—Como acabamos de indicarlo la biela va articulada por un extremo (*cabeza de la biela*) al émbolo por medio de un eje de acero cementado y rectificado.

Dicho eje atraviesa la cabeza de la biela que está provista de cojinetes con ranuras para el engrase (*patas de araña*).

El otro extremo de la biela (*pie de biela*) va articulado á un codo del árbol motor.

El **árbol motor** (*cigüeñal ó árbol cigüeñal ó también árbol berbiquí*) recibe el movimiento de los émbolos, siendo trans-

formado por las bielas dicho movimiento, que es rectilíneo alternativo, en movimiento circular continuo del árbol.

El *cigüeñal* presenta una parte llamada árbol propiamente dicho y unos *codos*.

El árbol gira por sus extremos en soportes formados por el carter mismo y provistos de cojinetes (en algunos motores modernos, estos cojinetes son de bolas); además, en los motores de varios cilindros que tienen un cigüeñal largo, éste va sostenido por uno ó varios soportes intermedios: en el motor de cuatro cilindros, se puede ver que el cigüeñal gira en los soportes extremos y, además, en un soporte intermedio.

En otros motores se dispone un soporte para el cigüeñal entre cada dos codos: con esta disposición se evitan en absoluto las flexiones del cigüeñal; conviene sobre todo para los motores de gran potencia.

5. El volante.—Ya hemos indicado que un motor de explosión necesita un volante para que pueda pasar el émbolo los puntos muertos y para mover al émbolo durante los tiempos primero, segundo y cuarto en los que no produce el motor efecto útil.

El volante tiene que ser pesado, sobre todo en los motores monocilíndricos, de dos cilindros y de cuatro cilindros. En los motores de seis cilindros, como veremos más adelante, el acoplamiento puede estar hecho de manera que siempre esté uno de los cilindros en el período de trabajo útil (expansión): por lo tanto, no se necesita en estos motores un volante tan pesado.

La llanta puede estar unida al cubo del volante por una parte de poco espesor ó por unas aletas que transforman el volante en ventilador para el enfriamiento: esta disposición es bastante frecuente y muy conveniente.

En muchos motores, el volante sirve para el embrague, cuando éste se hace por conos de fricción: el volante forma entonces el cono hembra. En los coches con embrague metálico,

el mecanismo de dicho embrague está casi siempre colocado dentro del cubo del volante.

6. El carter.—El cigüeñal va encerrado en una caja metálica llamada *carter* que, como ya hemos dicho, forma dos soportes del cigüeñal. El carter sirve además para el engrase del cigüeñal, de las bielas y de los émbolos, con cuyo objeto va lleno de grasa. Por último, el carter impide que el polvo y el barro penetren en el motor.

Con el carter hemos terminado la descripción de las partes que componen el motor de explosión. Nos falta decir algunas palabras de los motores policilíndricos.

LA CARBURACIÓN.

Se llama carburación el fenómeno por medio del cual se realiza la mezcla detonante que será después admitida en el cilindro y cuya explosión produce la potencia motora. Del buen reglaje de la carburación depende en gran parte el buen funcionamiento del motor. Una mala carburación, además del inconveniente de disminuir en notables proporciones el rendimiento del motor, tiene otros dos bastante desagradables, el de dar humo en el escape del motor—ó, por lo menos, el olor desagradable que dejan detrás de ellos algunos coches mal conducidos—y el de hacer funcionar con ruido al motor.

Hasta estos últimos tiempos, el reglaje de la carburación estaba hecho por el conductor mismo. Con este objeto, estaban colocadas, debajo del volante de dirección, unas manecillas por medio de las cuales se podía modificar á voluntad la cantidad de aire ó de gasolina admitida á cada instante, y, por consiguiente, modificar las proporciones de la mezcla detonante, según las circunstancias. Un gran número de coches en servicio presentan aún este sistema que, entre manos hábiles, puede dar los mejores resultados. Sin embargo, desde la invención por el comandante Krebs del carburador automático aplicado á los coches Panhard-Levassor, los demás constructores se han

esforzado en establecer también carburadores automáticos y casi todos los coches expuestos en el último Salón del Automóvil estaban provistos de semejantes aparatos. La superioridad del carburador automático, cuyo objeto es de suministrar al motor una mezcla rigurosamente constante, sin que tenga que ocuparse de ello el conductor, es incontestable y justifica el éxito con que ha sido acogido este interesante perfeccionamiento.

Daremos sin embargo, la descripción de sistemas de carburadores graduables por medio de manecillas, pues el número de estos aparatos que aún están en servicio es bastante importante; empezaremos por ellos la descripción de los carburadores.

Los carburadores pueden ser divididos en dos grandes categorías: los carburadores por *lamido* ó por *barboteo* y los carburadores de pulverización.

En todos los carburadores, se utiliza la propiedad que posee la gasolina de vaporizarse á una temperatura relativamente baja; el aparato sirve, á la vez, para producir este vapor y para obtener su mezcla íntima con el aire atmosférico, para constituir el aire carburado cuya explosión en el cilindro produce el esfuerzo motor. Para obtener la vaporización de la gasolina, es necesario tener siempre una corriente de aire; ésta se produce por medio de la aspiración misma del motor.

1.º Carburadores por barboteo ó por lamido.—Estos aparatos consisten en depósitos generalmente de cobre, de dimensiones bastante grandes, pudiendo, en algunos casos, alcanzar hasta 2 á 5 litros (en todo caso siempre superiores á las de los carburadores de la segunda categoría); el carburador está en comunicación con el depósito de gasolina por medio de un tubo provisto de un grifo, y con el aire por una chimenea que desemboca en la atmósfera, chimenea provista, con frecuencia, de una tapa atornillada con aberturas para la entrada del aire; estas aberturas están cubiertas con tela metálica

bastante fina, con objeto de evitar la introducción en el aparato de cuerpos extraños que podrían obstruir los tubos. Como es necesario que el automovilista conozca la cantidad de gasolina contenida á cada instante en el aparato, éste está provisto, por otra parte, de un sistema indicador que puede ser, ya sea un flotador con un vástago que se mueve libremente en la chimenea de entrada de aire, ya sea un nivel de vidrio análogo al de las calderas de vapor.

En la disposición de la chimenea reside la diferencia entre los carburadores por lamido y los carburadores por barboteo; en los primeros, la chimenea llega al nivel máximo de la esencia; para aumentar la superficie de contacto entre el aire y el líquido, la chimenea se termina por una especie de collar ó de banda que obliga al aire á extenderse á la superficie de la esencia. En los segundos, la chimenea penetra en el líquido hasta el nivel más bajo que puede alcanzar la esencia en el aparato. El aire llamado por la aspiración se encuentra obligado á atravesar la gasolina, á barbotear en ella, como los gases que, en los aparatos de química, atraviesan frascos de loción para su purificación, y la corriente que sale del aparato está cargada de vapores carburantes. Algunos de estos carburadores están provistos de un sistema de reglaje que consiste en un movimiento vertical de la chimenea, gracias al cual el conductor puede mantener constante la distancia entre la extremidad inferior del tubo y el nivel de la gasolina, ó también modificar como quiera la carburación, es decir, la dosis de la mezcla, disponiendo de la distancia entre los dos niveles. Esta posibilidad de graduar la carburación por medio de la distancia entre la extremidad de la chimenea de aire y la superficie del líquido, viene á constituir, por otra parte, uno de los defectos más graves de los aparatos de este género. Efectivamente, es casi imposible mantener constante esta distancia á cada instante. Resulta de esto que el conductor no puede esperar entonces obtener una mezcla invariable, lo cual sería necesario para la buena marcha y, sobre todo, para la

marcha económica del motor. Otras causas influyen también sobre estas variaciones de la composición de la mezcla. El estado higrométrico del aire, su temperatura, su presión, etc., variables á cada instante y en sentido imposible de prever, vienen á añadirse á la causa anterior é imposibilitan, por decirlo así, la obtención de una carburación bien reglada y adecuada al esfuerzo que se pide al motor.

Esta es la principal razón del abandono de los carburadores de este sistema.

Sin embargo, antes de renunciar completamente á su empleo, los constructores han hecho esfuerzos para realizar sistemas de reglaje; han probado, v. gr., el calentar, ya sea el aire aspirado (haciéndolo circular cerca de los tubos de escape y, en el caso de un motor de aletas, á proximidad de éstas), ya sea la gasolina (rodeando la parte del carburador que contiene este líquido por un serpentín en el cual circula una parte de los gases del escape); inversamente, gracias á una entrada de aire frío suplementaria que el conductor puede abrir desde su asiento por medio de una manecilla, el automovilista puede enfriar el aire aspirado y, por consiguiente, obtener una mezcla menos rica en gasolina, si hay necesidad de ello.

Antes de pasar del carburador al motor, la mezcla carburada atraviesa una cámara con placas metálicas cruzadas (*chambre à chicanes*) en la cual se produce un movimiento de los gases que realiza la perfecta homogeneidad de la mezcla.

EL ENCENDIDO Ó INFLAMACIÓN.

Generalidades.—En un automóvil se da el nombre de *encendido* ó de *inflamación*, al conjunto de los órganos destinados á encendar la mezcla gaseosa después de su compresión; también se llama *encendido* la operación misma de encender dicha mezcla. El encendido es una parte esencial del mecanismo de un automóvil; su perfecto funcionamiento es indispensable si se quiere evitar todo género de dificultades en el manejo del coche.

Un encendido mal estudiado ó en mal estado es la causa de la mayor parte de las averías de marcha (*pannes*); no es exagerado decir que 75 á 80 0/0 de dichas *averías* son debidas á defectos del encendido. Un progreso considerable ha sido realizado por la aplicación á los nuevos coches del encendido por magneto que describiremos más adelante. El empleo de la magneto se generaliza cada día más. Este sistema de encendido, ya sea bajo su forma de magneto de alta tensión, con bujías (la más empleada), ya sea bajo la de magneto de baja tensión, se encuentra hoy en más de 90 0/0 de los coches de construcción reciente.

El encendido puede hacerse de dos maneras principales:

1.º Por la incandescencia;

2.º Por la electricidad.

Este segundo sistema se subdivide en:

a) Encendido por chispa de inducción, pudiendo estar suministrada la corriente por pilas ó por acumuladores;

b) Encendido por magneto.

Avance al encendido.—Antes de pasar á la descripción de los elementos del encendido y de sus diversos sistemas, conviene precisar lo que se entiende por *avance al encendido*.

Hemos supuesto, al describir el ciclo de cuatro tiempos, que la inflamación de la mezcla detonante se producía en el momento preciso de terminar la carrera de compresión del émbolo (primera carrera ascendente), es decir, en el momento de llegar el émbolo al punto muerto superior, cuando va á empezar su segunda carrera descendente ó sea el tercer tiempo del ciclo.

Esto sería posible si la explosión se propagase instantáneamente en la masa gaseosa, pues si fuese rigurosamente instantánea dicha propagación, el momento más favorable para saltar la chispa sería el que acabamos de decir, produciendo entonces la explosión todo su efecto.

Pero en la práctica no sucede así: la propagación de la ex-

plosión dista bastante de ser instantánea, á tal extremo que, *cuando el motor funciona á su número de vueltas normal, la velocidad lineal del émbolo llega á ser notablemente superior á la velocidad de propagación de la explosión.*

¿Qué ocurrirá, pues, si hacemos saltar la chispa cuando está el émbolo en el punto muerto superior? Siendo la velocidad lineal del émbolo mayor que la de propagación de la explosión, cuando esta última haya llegado á extenderse á toda la mezcla, el émbolo habrá pasado del punto muerto, hallándose en un punto de su carrera descendente tanto más distante del punto muerto cuanto mayor es la velocidad del motor.

Por consiguiente, el rendimiento del motor disminuirá, por dos razones.

1.^a Porque la mezcla detonante está entonces menos comprimida que cuando se halla el émbolo en el punto muerto superior (momento en que la compresión está en su máximum);

2.^a Porque la fuerza producida por la explosión no va á poder actuar sobre el émbolo durante toda su carrera descendente, sino durante parte de esta carrera solamente; resulta, pues, de ello, una utilización incompleta del efecto de la explosión.

El *avance al encendido* tiene precisamente por objeto evitar estos inconvenientes. Consiste en la producción de la chispa antes de llegar el émbolo al punto muerto superior, es decir, antes de terminar el tiempo de compresión. Si se tiene cuidado de aumentar el avance cuando aumenta el número de vueltas del motor (y, por lo tanto, la velocidad lineal del émbolo), la explosión tiene tiempo de propagarse en la mezcla detonante y se produce en el buen momento, ó sea cuando empieza el émbolo su carrera descendente (principio del tercer tiempo). La utilización de la fuerza explosiva es, de esta manera, completa.

La variación del grado de avance al encendido es hecha por el conductor; esta variación está mandada por una manecilla generalmente colocada bajo el volante.

En algunos tipos de encendido por magneto la variación del avance se hace automáticamente, sin que tenga que ocuparse de ello el conductor, como más adelante veremos.

Observación importante.—De lo que acabamos de explicar resulta que el avance al encendido es necesario cuando la velocidad lineal del émbolo supera á la de propagación de la explosión, lo que ocurre cuando está el motor en marcha normal.

Pero no sucede así al poner en marcha, siendo entonces muy poca la velocidad lineal del émbolo. Si se dejase el avance al poner en marcha al motor, la explosión tendría lugar antes de llegar el émbolo al punto muerto superior, durante su primera carrera ascendente (ó sea durante la compresión). Produciéndose la explosión antes de haber alcanzado el émbolo el punto muerto superior, sería empujado dicho émbolo *hacia abajo*; es decir, en sentido contrario de su movimiento normal. La manivela de arranque seguiría este mismo movimiento, con gran peligro para el brazo del mecánico. Para evitar un accidente, que puede ir hasta la fractura del brazo del mecánico, hay que *tener cuidado de dar un poco de retardo al encendido en el momento de poner en marcha al motor*; en cuanto ha arrancado, se da avance y se le aumenta conforme va adquiriendo velocidad el motor.

ENCENDIDO POR MAGNETO

El encendido por magneto permite la supresión de las pilas (ó de los acumuladores) y de la bobina. La electricidad necesaria para la inflamación es producida, á medida de su uso, por una pequeña máquina magneto-eléctrica (ó, por abreviación, *magneto*); salvo muy raras excepciones, la magneto no se desarregla nunca, constituyendo, por decirlo así, un manantial inagotable de electricidad.

Este sistema de encendido es, pues, á la vez, más seguro y más sencillo que el encendido por pilas, ó acumuladores, y bobina.

Se pueden distinguir tres tipos de encendido por magneto.

1.º La magneto de baja tensión, con bobina, y bujías;

2.º La magneto de alta tensión y bujías;

3.º La magneto de tensión media y ruptores.

Este tercer sistema fué el más empleado durante mucho tiempo, pero hoy se da casi siempre la preferencia al segundo, por su mayor sencillez. En cuanto al primero, se le puede considerar como prácticamente abandonado.

1. Magneto de baja tensión, bobina y bujías.—En este sistema, la magneto produce la corriente y desempeña exactamente igual papel que la batería de pilas ó de acumuladores de que hemos hablado hasta ahora.

A título de ejemplo, señalaremos la magneto que la casa Bardon construye. Esta magneto, se monta directamente sobre la bobina de Ruhmkorff, en lugar de una batería de acumuladores; el inductor está formado por tres herraduras; el inducido está constituido por un hilo fino aislado y enrollado sobre un T de hierro dulce. La corriente alternativa producida por la rotación del inducido pasa á la bobina por el intermedio de un distribuidor.

2. Magneto de alta tensión y bujías.—He aquí ahora un ejemplo de los sistemas muy ingeniosos imaginados para suprimir las pilas y la bobina en la inflamación ó encendido por chispa de inducción. Esta solución es, pues, más radical que la anterior, en la cual la magneto sólo reemplazaba las pilas ó acumuladores, debiendo pasar la corriente por una bobina. Aquí la corriente está producida por una magneto que transforma ella misma á la corriente primaria en corriente á alta tensión.

Esta pasa directamente á la bujía: la bobina queda suprimida, por lo tanto, y el sistema de encendido se encuentra de esta manera reducido á una magneto calada sobre el árbol y á las bujías de encendido.

Los Sres. Debeauve y Olmi construyen una magneto, cono-

cida por el nombre de *magneto Vesta*, que reúne estas condiciones.

Es de una gran sencillez, y consiste en una simple caja redonda, de unos 25 centímetros de diámetro y 10 centímetros de espesor. Esta caja encierra el inductor que forma el fondo y los lados de la caja, y el inducido, que está calado sobre el árbol motor y gira con éste. La tapa lleva dos órganos de contacto, de ruptura y de distribución de la corriente.

El inductor está formado por dos imanes semi-circulares y dispuestos de manera tal que los dos polos norte y los dos polos sur se encuentren en contacto el uno con el otro dos á dos.

El inducido está formado por un hierro dulce de doble T; sobre éste está bobinado un hilo grueso en el cual se desarrolla la corriente primaria y un segundo circuito de longitud mayor, formado de hilo mucho más fino, en el cual se produce una corriente inducida de alta tensión cada vez que se abre ó se cierra la corriente primaria.

La corriente producida de esta manera es, pues, la equivalente de la que, después de producida por acumuladores ó pilas, había atravesado una bobina de inducción.

Dicha corriente es conducida á la bujía ó á las bujías en las cuales da una chispa de inducción.

3. Magneto de tensión media y ruptores.—La diferencia esencial entre este sistema de encendido y el anterior consiste en que la chispa está producida por la simple ruptura de una corriente (más exactamente, por *extracorrente de ruptura*). Dicha corriente se produce por medio de una magneto estudiada para suministrar la corriente á una tensión de 50 á 100 voltios.

Para dar la descripción de este sistema de encendido, sólo tendremos, pues, que examinar:

1. La magneto;
2. El inflamador ó ruptor, con su sistema de transmisión mecánica,

Esta notable sencillez del encendido por magneto de ruptores (además de que la instalación sólo comprende la magneto y los ruptores, la canalización queda reducida á un solo hilo), unida á la regularidad de su funcionamiento, explica el favor de que ha gozado desde hace años dicho sistema. Sin embargo, como ya hemos dicho, tiende á ser reemplazado por la magneto de bujías que también funciona perfectamente y con la cual la instalación es aún más sencilla, pues evita un órgano mecánico, el ruptor, cuyo reglaje es algo delicado.

La magneto.—Nuestros lectores conocen, por haberla leído en todos los tratados de física, la descripción de la máquina magnetoeléctrica. Su principio es la rotación de un circuito en el campo magnético creado por un imán permanente. Se la realiza, en la práctica, por medio de un fuerte imán de herradura entre los polos, del cual gira el “inducido” constituido por un circuito convenientemente bobinado sobre una armazón metálica. La corriente producida por este aparato es alternativa, lo cual no presenta inconveniente alguno para la inflamación por extracorrente de ruptura.

El imán es, por lo general, de acero especial.

Se trae primero el metal á la forma que ha de tener y se le imana después.

Dicho imán constituye el inductor de la magneto.

En las magnetos empleadas en automovilismo, en la mayor parte de los modelos, el inducido gira, siendo fijo el inductor; (sabemos que no sucede siempre así, con las máquinas destinadas á otras aplicaciones, en las cuales, á veces, es fijo el inducido, mientras gira el inductor).

Cuando el imán está bien hecho, es decir, cuando no pierde su imanación con el tiempo, en cuanto se pone en movimiento la magneto, produce corriente. Ésta es su gran superioridad sobre las pilas y los acumuladores, pues, á la inversa de lo que sucede con éstos, no se agota nunca y su facultad de producción de la corriente eléctrica es, por decirlo así, indefinida.

M. Baudry de Saunier, en los artículos muy notables que ha

dedicado á la magneto, en la *Vie Automobile*, hace observar que la magneto posee “una cualidad de primer orden de la que no se percata uno sino cuando se la utiliza con frecuencia, y que es la automaticidad aproximada del avance al encendido.”

Efectivamente, la cantidad de electricidad suministrada por una magneto crece hasta un máximo con la velocidad que se le comunica. Según los ensayos hechos por M. Baudry de Saunier, con una magneto Simms-Bosch, modelo N, tipo M R, cuando el motor hacía 450 revoluciones por minuto y la magneto 225, la corriente producida tenía una intensidad de 55 voltios; con 760 revoluciones del motor, girando la magneto á razón de 380, daba 73 voltios y, con 1. 320 revoluciones del motor (660 revoluciones de la magneto) se obtenían 101 voltios.

Ahora, sabemos que la rapidez con la cual se efectúa la explosión depende por una parte muy apreciable, del calor de las chispas.

Cuando es relativamente pequeño el número de voltios que produce la magneto, el calor no es muy grande, y el golpe motor emplea un tiempo apreciable en producirse; dicho tiempo disminuye de un modo muy notable cuando aumenta el calor de las chispas.

Resulta de esto que, estando naturalmente el número de voltios en su valor inferior cuando se da vueltas á la manivela de arranque, puesto que el motor gira entonces más despacio, el retardo al encendido se produce automáticamente.

A la inversa, el avance se hace sólo, á medida que crece la velocidad del motor, puesto que, aumentando el voltaje, la chispa va siendo cada vez más caliente.

La doble consecuencia de esta particularidad muy interesante es que:

1. El choque hacia atrás (*choc en arrière*) no es de temer con una magneto, ni siquiera estando la manecilla empujada á la mitad de su carrera;

2. La cuestión del avance al encendido puede ser del todo

descuidada por el conductor. Los movimientos de la manecilla son mucho menores con la magneto que con un encendido por bobina. Algunos coches con encendido por magneto no tienen ningún sistema de avance al encendido.

LA REGULACIÓN.

En los primeros motores de automóviles, el regulador era un órgano indispensable. Se empleaba generalmente el regulador de fuerza centrífuga, de bolas, que todos nuestros lectores conocen, y se le hacía obrar sobre el escape: cuando pasaba el motor de su velocidad de régimen, el regulador cerraba las válvulas de escape (sistema del *todo ó nada*). Este sistema era brutal y ruidoso.

Entre esta regulación primitiva y los sistemas que hoy se emplean, la diferencia es notable. Hasta hay marcada tendencia hacia la supresión de la regulación mecánica: se pueden ver ahora en servicio numerosos tipos de coches automóviles sin sistema de regulación mecánica alguno. En los nuevos automóviles se emplean la regulación automática ó la regulación facultativa.

Cuando existe el regulador mecánico se le hace obrar generalmente sobre el carburador cerrando más ó menos la admisión y rectificando convenientemente la composición de la mezcla carburada.

La acción del regulador puede ejercerse de varias maneras.*

El efecto del regulador puede ser: ya sea de cerrar más ó menos la admisión de la mezcla detonante, ya sea de impedir su formación, ya sea de suprimir durante un momento el funcionamiento de las válvulas de admisión.

El primer sistema es análogo á los que se emplean en las máquinas de vapor. Permite la marcha regular y sin saltos

* Tomamos estas generalidades (que ahora presentan más bien un interés histórico) del interesante trabajo de M. Bochet: *Les automobiles à pétrole. Essai de description des méthodes générales.*

del motor. Este sistema se empleaba muy poco antes, pues sólo se puede aplicar, en buenas condiciones, con la inflamación eléctrica.

Á veces se ha tratado de obtener la atenuación de la explosión: para esto "se provoca, bajo la influencia del regulador, una simple disminución de la subida y de la duración de abertura de las válvulas de escape, de manera que los cilindros sólo vacíen incompletamente de los gases quemados, y más ó menos según que el regulador obra más ó menos." En estas condiciones, durante la primera parte de la carrera eficaz, la presión interior permanece superior á la de la atmósfera, y las válvulas de admisión sólo suben durante la última parte de dicha carrera. Se puede suponer que, en estas condiciones, notablemente diferentes de una admisión continua por un orificio de sección reducida, los gases frescos y los gases quemados no se mezclan, que los últimos forman como un colchón más ó menos espeso en contacto con el émbolo, mientras que los primeros están normalmente comprimidos en el fondo de la cámara de explosión, inflamándose, pero produciendo solamente una explosión atenuada, puesto que sólo interesa una masa menor de mezcla detonante.

Para realizar estos dos efectos, se emplean varios sistemas que pueden reducirse á dos tipos principales: ó bien la leva de mando, terminada lateralmente por superficies helicoidales que atenúan progresivamente su salida, resbala longitudinalmente sobre su árbol bajo la acción del regulador, ó bien obra sobre el vástago de las válvulas por medio de una palanca doblada á ángulo recto, cuyo eje está montado sobre una pequeña corredera que mueve el regulador por medio de la barra de las válvulas y perpendicularmente al árbol de levas, de suerte que la palanca acodillada, cuyo movimiento angular es constante, sólo viene á apoyar sobre el vástago de las válvulas durante una parte más ó menos larga de su carrera y sólo lo levanta de una cantidad variable.

Por último, digamos aún, para terminar estas generali-

dades, que, en la mayoría de los automóviles, la acción del regulador puede suprimirse durante algún tiempo, por medio de un sistema llamado "acelerador" y accionado por un pedal situado al lado de los pedales de freno y desembrague de que hablaremos más adelante. Apoyando el pie sobre dicho pedal, el conductor tiene la facultad de suprimir durante un momento la acción del regulador y "embala," el motor, ya sea para poner en marcha antes de embragar, ya sea cuando quiere hacerle producir una fuerza excepcional durante un momento.

También se puede contrarrestar la acción del regulador para reducir la marcha del motor, en lugar de acelerarla como acabamos de decirlo. Este efecto se obtiene impidiendo más ó menos la acción del muelle antagonista de las bolas, lo cual viene á ser lo mismo, después de todo, que si se modificase el reglaje del aparato.

Los reguladores empleados hasta la fecha en automovilismo obran, pues, ya sea haciendo variar la alimentación (en calidad ó en cantidad), ya sea haciendo variar las condiciones del escape, ya sea, por último, suprimiendo la alimentación, cuando el carburador es de distribuidor mecánico.

En general, en los coches modernos, la regulación está íntimamente unida á la carburación.

El regulador obra sobre el carburador modificando la composición de la mezcla proporcionalmente á la velocidad y haciendo variar la cantidad de gas admitida. En otros casos, el regulador sólo desempeña el primero de estos dos papeles y el conductor es quien cierra más ó menos la admisión por medio de una manecilla ó de un pedal. En la mayor parte de los tipos, la regulación obra sobre el aire; sin embargo, se empiezan á emplear sistemas que hacen variar la salida de gasolina.

CAMBIO DE VELOCIDAD.

Los motores de explosión están establecidos generalmente para girar á una velocidad determinada para la cual es máxi-

mum su rendimiento; esta velocidad es la *velocidad de régimen*. La construcción del automóvil ha hecho progresos considerables en estos últimos años y hoy se construyen de un modo corriente motores que pueden girar, en excelentes condiciones, á velocidades excesivamente variables, gracias á los carburadores automáticos de que hemos hablado en un capítulo anterior. Sin embargo, siendo mejor el rendimiento del motor cuando gira á su velocidad de régimen, resulta necesario un órgano esencial del automóvil, el aparato de cambio de velocidad, llamado por abreviatura *cambio de velocidad*.

Se concibe, efectivamente, que, si el motor gira siempre á un mismo número de revoluciones, la velocidad del coche tiene que variar ya sea que se quiera, en terreno horizontal ir más ó menos aprisa, ya sea que, para subir una cuesta, v. gr., se quiera hacer producir al motor su potencia máxima, en cuyo caso, es menester demultiplicar su velocidad.

Admitiremos, pues, que el motor gira siempre sensiblemente á la misma velocidad. Esta es transmitida á las ruedas motoras por el conjunto de órganos que vamos á examinar ahora; para obtener, en las ruedas del coche, velocidades diferentes, es necesario, ya sea multiplicar el número de revoluciones del motor, ya sea, por el contrario, demultiplicarlo. En la práctica, el segundo caso es el que se presenta siempre, pues, para realizar la mayor velocidad de un coche, se transmite á las ruedas el número mismo de revoluciones que puede hacer el motor á su velocidad máxima. Por consiguiente, para obtener velocidades inferiores á la máxima que se puede realizar es para lo que se necesita interponer órganos intermediarios que desempeñen el papel de reductores de velocidad.

El conjunto de estos órganos es lo que constituye el *cambio de velocidad ó de velocidades*.

Se han ensayado varios sistemas de cambios de velocidad: éstos pueden ser clasificados en dos grupos, según que el cambio de velocidad se hace de un modo progresivo ó que se hace por medio de engranajes. En teoría, el primer sistema es el

mejor. Efectivamente, con este medio, se pueden realizar todas las velocidades posibles, entre la velocidad máxima y la velocidad mínima que el coche es capaz de producir. Con los engranajes, por el contrario, sólo se puede obtener un número reducido de relaciones de velocidad.*

1. Cambios de velocidades progresivos.—El cambio de velocidades progresivo se realiza por medio de poleas de diámetro variable á voluntad ó por medio de discos de fricción: este segundo sistema parece destinado á numerosas aplicaciones. Desde hace algún tiempo, varios constructores estudian tipos de coches con transmisión “de fricción,” entre los cuales algunos funcionan perfectamente bien y están llamado á un brillante porvenir. Este sistema de cambio de velocidad y de transmisión permite la construcción de coches ligeros sumamente económicos y de manejo particularmente fácil.

Cambios de velocidad por disco ó platillo de fricción.—En los coches ligeros (*voiturettes*), *Turicum*, por ejemplo, se emplea este sistema de cambio de velocidad:

En el prolongamiento del árbol motor está montado un disco ó platillo de diámetro bastante grande que gira, por consiguiente, á igual velocidad que el árbol motor. Una ruedecilla de diámetro menor está en contacto con dicho disco, haciéndose la transmisión del movimiento por fricción entre el disco y la ruedecilla. La posición de la ruedecilla es variable: por medio de un mecanismo adecuado, se la puede acercar más ó menos al centro del disco y de esta manera se hace el cambio de velocidad. Para desembragar, basta con alejar á la

* En la práctica, se pueden realizar con los buenos coches modernos velocidades muy variables, además de las tres ó cuatro que sólo se realizarían en teoría si el motor girase siempre rigurosamente á la misma velocidad, no disponiendo uno para cambiar ésta sino de trenes de engranajes. Y es que, efectivamente, como lo hemos dicho más arriba, han conseguido los constructores hacer motores que, alimentados por carburadores automáticos, constituyen sistemas en extremo elásticos y cuya velocidad puede ser variable, sin perjudicar nada á su buen funcionamiento.

ruedecilla del disco, lo cual se hace generalmente por medio de un pedal de desembague.

Para aumentar la adherencia de la ruedecilla sobre el disco, se guarnece la periferia de la ruedecilla con cuero, caucho ó papel comprimido.

Este sistema constituye un cambio de velocidad progresivo muy sencillo, pero sólo conviene para la transmisión de potencias reducidas, que no pasen de unos 8 caballos.

2. Cambios de velocidades por engranajes.—Son los más empleados, con diversas variantes que pueden traerse á tres tipos principales que vamos á examinar rápidamente, para dar después la descripción de algunos modelos de cambios de velocidades por engranajes empleados en los coches de las mejores marcas.

Los tres tipos con los cuales pueden ser relacionados todos los cambios de velocidad por engranajes son:

a.—El cambio de velocidades por tren desplazable (*par train baladeur*);

b.—El cambio de velocidades por embrague de garras (*par embrayage á griffes*);

c.—El cambio de velocidades por embrague de fricción (*par embrayage á friction*).

a.—*Cambio de velocidades por tren desplazable.*—Este sistema se emplea mucho. He aquí, en principio, en qué consiste.

El motor comunica su movimiento por medio de un embrague, cuya descripción daremos más adelante, á un primer árbol. Un manguito montado sobre éste sostiene cierto número (tres ó cuatro generalmente) de ruedas dentadas; este manguito, llamado “manguito desplazable” (*manchon baladeur*) puede trasladarse sobre el árbol, realizándose dicho movimiento por medio de un juego de palancas accionado por la mano del conductor. Un segundo árbol (árbol secundario) lleva otros engranajes de diámetros conveniente-

mente calculados por el constructor para realizar relaciones de velocidades dadas cuando están en contacto con el piñón correspondiente del primer árbol. Á la extremidad de dicho árbol está calado un piñón cónico que transmite el movimiento á otro piñón cónico, el cual acciona el árbol sobre el que están montadas las ruedas dentadas de las cadenas, cuando la transmisión del movimiento á las ruedas se hace por cadenas. En el caso de transmisión por cardán, el segundo árbol acciona directamente la primera articulación de la cardán.

En los coches de cierta potencia se emplean hoy generalmente cambios de velocidad de *doble* y hasta de *triple tren desplazable*. Efectivamente, como hay que dejar suficiente espacio entre las ruedas sucesivas del cambio para permitir las maniobras de cambio de velocidad, se halla conducido el constructor á hacer árboles muy largos y, para evitar las flexiones perjudiciales de dichos árboles, tiene que hacerlos de fuerte diámetro. La consecuencia de esta doble necesidad es que resultan muy pesadas las cajas de cambio de velocidad.

Este inconveniente se evita con los cambios de velocidad de varios trenes desplazables (dos ó tres). Cada tren obra de la manera que dejamos dicha y está mandado por una varilla especial unida á la palanca de cambio de velocidad. En la mayor parte de los coches provistos de este sistema, dicha palanca tiene dos movimientos; uno en un plano vertical paralelo al eje del *chassis* (movimiento normal de la palanca, único que posee en los coches con cambio de velocidad á un solo tren) y otro en un plano transversal perpendicular al eje del *chassis*.

En algunos coches (Charron, v. gr.) el mando del cambio de velocidad (de tres trenes desplazables) se efectúa por un solo movimiento de la palanca de cambio, el movimiento normal paralelo al eje longitudinal del automóvil.

EMBRAGUE

Hemos visto más arriba que se da el nombre de *embrague* al sistema por medio del cual el motor acciona el primer tren de engranajes, sistema que permite el aislar durante algún tiempo el motor del resto del coche, ó, en otros términos, el dejarlo girar en vacío.

Hemos expuesto una de las necesidades del embrague, la de permitir el cambio de velocidad sin sacudida; he aquí otra:

El embrague es indispensable para permitir el poner en marcha al motor, ó para bajar una fuerte pendiente sobre la cual se desembragará dejando ir el coche por su propio peso.

Durante mucho tiempo, el único embrague empleado en los automóviles ha sido el *embrague por conos de fricción*. Este sistema, consiste, en principio, en dos conos; el uno, llamado cono hembra, está chaveteado sobre el árbol del motor; un cono macho está montado sobre el primer árbol del cambio de velocidades. La superficie de uno de los conos, generalmente, la del cono macho, está guarnecida de cuero. Normalmente, un muelle mantiene al cono macho aplicado sobre el cono hembra. El arrastramiento se produce entonces gracias al rozamiento. Un pedal dispuesto delante del automovilista permite el anular durante un momento el efecto del muelle retirando, por consiguiente, el cono macho del cono hembra; el motor gira entonces sin carga, sin transmitir el movimiento al primer tren de engranajes y, por consiguiente, sin obrar sobre las ruedas del coche. Este es el sistema de embrague más generalmente empleado hasta estos últimos años; permite, cuando el conductor sabe manejar progresivamente el pedal de embrague, el producir éste sin sacudida, trayendo muy progresivamente en contacto las partes frotantes de los conos macho y hembra.

Casi exclusivamente empleado durante mucho tiempo, con ligeras variaciones, el sistema de embrague por conos de fricción ha perdido mucho terreno en estos últimos tiempos. En

1903, de 100 coches, 90 tenían el embrague por conos y cuero; en 1905, la proporción ya sólo era del 78%.

El principal adversario del embrague por conos de fricción es el *embrague metálico*: se le halla en muchísimos de los coches construídos hoy día. Y los constructores que han adoptado este sistema figuran entre los más afamados.

Embragues metálicos.—*Embrague Mercedes.* La casa Mercedes es una de las que primero han adoptado el embrague metálico. Este aparato ocupa el centro del volante: consiste en dos segmentos de fundición que ejercen una presión constante sobre las paredes internas del volante.

El resorte de embrague está constituído por una hoja de acero que se tiende contra la cara interna del volante.

La tensión de dicho resorte se obtiene del modo siguiente:

Sobre el árbol de transmisión se mueve un manguito que engrana con unas ranuras helicoidales hechas en el árbol.

Este manguito está provisto de una rueda dentada; ésta engrana con un sector dentado que termina la palanca y la hoja de acero; tiende, pues, por la forma de las ranuras y por la presión del resorte, á alejar constantemente á los segmentos y á hacerlos adherir con fuerza en el interior del volante.

Apoyando sobre el pedal de desembrague, el conductor hace correr hacia atrás el manguito; en su movimiento de retroceso, el manguito da una vuelta que produce el desplazamiento del sector dentado: los segmentos se apartan del volante y se produce el desembrague. Soltando el pedal, el resorte que rodea el árbol de transmisión empuja el manguito que vuelve á su posición primitiva y se efectúa el embrague.

LOS FRENSOS

La presencia de dos frenos en los coches automóbiles es obligatoria en virtud del artículo 3.º, § e del Reglamento de 16 de Septiembre de 1900.

Pero, aunque no los exigiese la ley, la prudencia obligaría á emplearlos, pues constituyen un elemento de seguridad cuyo valor es inapreciable.

Están, pues, provistos los coches por lo menos de dos frenos independientes el uno del otro y que obran generalmente, el primero sobre el diferencial, el segundo sobre las ruedas traseras mismas.

En principio, están constituídos los frenos por unos collares de metal, generalmente de acero, guarnecidos de madera y que rozan sobre tambores ó coronas de freno.

El primer freno funciona generalmente por medio de un pedal.

El segundo obra sobre unas coronas laterales á las ruedas motoras y se maniobra en casi todos los coches por medio de una palanca vecina de la de cambio de velocidad.

Cuando se quiere frenar, hay que empezar siempre por desembragar, sin lo cual no bastaría el esfuerzo del freno para detener el motor y el coche. El primer freno accionado por pedal está generalmente construído de manera que se produzca automáticamente el desembrague cuando se apoya el pie sobre el pedal de freno.

Sin embargo, es preferible el desembragar en todos los casos antes de frenar.

La casa Panhard-Levassor emplea sobre sus coches unos frenos de mandíbulas, con pedal, cuya acción es muy enérgica.

El pedal acciona por una palanca otras dos palancas; por medio de dos palanquillas de cambio de dirección (*leviers de renvoi*), los segmentos ó mandíbulas de los frenos se apoyan sobre el tambor cuando se apoya el pie sobre el pedal.

En cuanto se abandona éste á sí mismo, unos muelles de retroceso apartan á las mandíbulas del tambor y suprimen, por consiguiente, la acción del freno; cuando el coche es nuevo, conviene el graduar el freno por medio de las tuercas colocadas por el constructor con este objeto, hasta que se

obtenga el funcionamiento más potente, aunque dejando cierto juego para evitar que se brida el freno.

El mismo sistema de freno se emplea con los de mano.

Es esencial el mantener los frenos en buen estado y el examinarlos con frecuencia, pues, sin buenos frenos, no hay seguridad en automovilismo. Sin embargo, no se debe abusar de ellos, es preferible el servirse lo menos posible de los frenos, manejando el coche como si no tuviese freno alguno.

La acción del freno debe ser progresiva, pero, sin embargo, llegar al bloqueamiento completo de las ruedas; además, su acción debe ejercerse eficazmente lo mismo para la marcha hacia atrás que para la marcha hacia adelante.

Sucede á veces que el freno se calienta en los momentos en que no se le emplea; es debido este calentamiento al hecho de estar el collar ó las mandíbulas demasiado cerca del tambor; bastará con hacer un reglaje para que desaparezca dicho inconveniente.

La casa Darracq emplea en sus coches 24 caballos dos frenos enteramente metálicos que aprietan con la misma energía hacia adelante y hacia atrás. El freno de pedal obra sobre la transmisión del diferencial; en las largas bajadas, este freno está más expuesto á calentarse, á causa de la gran velocidad y del peso del coche. Para remediar esta dificultad, está provisto de una polea de forma especial con circulación de agua. Los dos frenos de estos coches producen automáticamente el desembrague del motor.

Los coches 12 y 15 caballos de la misma marca están provistos también de dos frenos; el uno, de pedal, obra sobre la transmisión del piñón de transmisión, y produce primero el desembrague del motor; el otro freno, maniobrado por una palanca colocada á la derecha del conductor, obra sobre las ruedas traseras y produce también el desembrague del motor.

El sistema de enfriamiento de los frenos por circulación de agua es empleado por otros constructores, con excelentes resultados.

En los coches Fiat, un solo pedal manda dos frenos de mandíbulas, el uno sobre el diferencial, el otro sobre el árbol secundario del cambio de velocidades. El mismo pedal, al mismo tiempo que aprieta los frenos, abre el grifo de un depósito de agua bajo presión (independiente del depósito del motor) que enfría los frenos de un modo muy eficaz.

El freno sobre el diferencial de los coches Germain-Standard está también provisto de una circulación de agua merced á la cual no es de temer el calentamiento de los frenos, ni aún en las bajadas muy largas.

Los coches Delaunay-Belleville y Berliet también tienen frenos con circulación de agua. En los primeros está realizada la circulación por termosifón.

En general, en los coches modernos, los constructores disponen los frenos de manera que sea fácil y rápido su reglaje.

En los coches Brouhot, la varilla de mando del freno de las ruedas (de segmentos extensibles) está fijada á la excéntrica por una cremallera con cierto número de agujeros; en uno de estos agujeros está pasado el perno de acoplamiento fijado por una tuerca. Para aumentar ó disminuir la carrera de los segmentos, basta con deshacer la tuerca y con desplazar la cremallera para hacer pasar el perno por otro agujero.

Los frenos de los coches de Dion-Bouton tienen un reglaje á la mano, por medio de una simple llave fija, sin tener que recurrir á herramienta alguna.

Algunos constructores han adoptado dos frenos sobre el diferencial, uno de cada lado, produciéndose de esta manera simétricamente el esfuerzo, sin torsión.

PRECAUCIONES GENERALES PARA LA BUENA CONSERVACIÓN DE UN COCHE AUTOMÓVIL.

Nos proponemos dar en este capítulo algunas indicaciones generales sobre las precauciones que es útil tomar si se quiere

conservar el mayor tiempo posible en buen estado de funcionamiento los diversos órganos del automóvil.

Algunas de las precauciones que indicamos son bastante elementales, pero hemos querido exponerlas, sin embargo, porque, con harta frecuencia se tiene tendencia á descuidar estas cosas sencillas con gran perjuicio del coche que es víctima de dicha indiferencia.

Estudiaremos sucesivamente las diversas partes de que se compone un coche, en el orden que hemos adoptado en los capítulos anteriores, y, para cada órgano, ó grupo de órganos, daremos rápidamente los consejos necesarios.

Motor.—Es de toda evidencia que el motor, alma del coche, exige todos nuestros cuidados para conservarse en perfecto estado de funcionamiento.

Sin embargo, los cuidados que reclama para sí mismo son bastante sencillos. Es menester cuidar de su engrasado, el cual no debe ser, ni demasiado abundante, ni sobre todo insuficiente, pues este defecto sería más grave que el anterior, conduciendo á una de las averías más graves, el gripaje del émbolo en el cilindro.

Válvulas.—El motor está provisto de válvulas que exigen ciertos cuidados especiales; el buen funcionamiento de las válvulas es de una importancia absolutamente capital: sin buenas válvulas, no hay buen motor.

Hay que visitarlas con frecuencia y cerciorarse de si están los muelles en buen estado.

Estos están, efectivamente sujetos á una deformación progresiva, cuyo efecto es que la abertura ó el cierre de las válvulas deja de hacerse, después de algún tiempo, con toda la rapidez deseada, no efectuándose en el momento conveniente.

Se debe estar siempre provisto de muelles de recambio y no vacilar en cambiarlos en cuanto se haga sentir la necesidad, por poco que sea.

La ó las válvulas de admisión deben abrirse francamente en

cuanto aspira el cilindro, sin lo cual éste se llena imperfectamente de gas y el motor no dará toda su potencia.

Pero tampoco conviene que la válvula se abra demasiado, pues el cierre no se haría entonces bien, y podría permanecer abierta después del momento elegido por el constructor para su cierre.

La juntura ó cierre (*joint*) de la válvula ha de ser hermética para evitar entradas de aire que vendrían á modificar la composición de la mezcla carburada.

Las válvulas de admisión, están minuciosamente regladas por el constructor antes de entregar el coche.

El automovilista debe evitar tocarlas, y sobre todo modificar su carrera; sólo se contentará con cambiar los muelles cuando se haga notar la necesidad de ello.

La válvula de escape se abre un poco antes del fin del tercer tiempo de cierta cantidad, llamada "avance al escape" (*avance à l'échappement*), fijada de un modo definitivo por el constructor.

Por la misma razón que anteriormente, el automovilista se guardará muy bien de modificar dicho avance.

Los muelles de las válvulas de escape, sometidos á una temperatura bastante elevada, requieren un cambio más frecuente que los de la admisión.

Insistimos sobre la necesidad que hay, si se quieren evitar graves disturbios en la marcha del motor, en no tocar á las válvulas, no siendo para conservarlas en perfecto estado de funcionamiento.

Cuando se ve uno absolutamente obligado á cambiar una válvula, se cuidará que los vástagos corran libremente en sus guías, pues, de lo contrario, habría que disminuir ligeramente el diámetro del vástago, por medio de esmeril fino.

Nuestros lectores conocen la necesidad de una buena compresión en un motor de explosión, pues sin ella el motor pierde parte de su fuerza.

Cuando la compresión se hace bien, se debe sentir cierta

resistencia cuando se hace dar vueltas al motor con la mano.

Para que el motor comprima siempre bien, se cuidará que los cierres (*joints*) de las válvulas estén siempre en buen estado, de que las válvulas cierren perfectamente (lo cual, á veces, no tiene lugar, á consecuencia de la introducción de cuerpos extraños entre la válvula y su asiento); en otros casos, una válvula funcionará mal porque su vástago no resbala libremente en los guías.

Se tendrá, pues, cuidado de conservar, desde este punto de vista, en perfecto estado todos los órganos del motor, por los cuales pueden producirse escapes. Observemos que éstos pueden también producirse cuando una bujía de inflamación está mal atornillada sobre la cabeza del cilindro. Cualquier escape en un motor disminuye la importancia de la compresión y hace perder mucha potencia.

Los motores están frecuentemente provistos de un grifo (uno por cilindro), llamado "grifo de decompresión" (*robinet de décompression*) que permite, cuando se le deja abierto, el hacer girar más fácilmente al motor con la mano, lo cual es muy cómodo para verificar el buen funcionamiento de la inflamación por bobinas.

Cuando existen dichos grifos, se les conservará también en buen estado, pues podrían venir á ser causa de un escape.

No hablaremos aquí de los órganos de la inflamación, á los que dedicaremos un párrafo especial, de igual manera que á los que sirven para el enfriamiento del motor.

Las *bielas* y las *manivelas* han de estar siempre engrasadas con abundancia. Para esto, se cuidará de renovar de cuando en cuando el baño de aceite del carter que las rodea y en el cual bañan las cabezas de biela, en los motores verticales.

Se tendrá cuidado de evitar juegos exagerados en los pies ó en las cabezas de biela, para los que existe, por otra parte, un juego lateral. Esta precaución es menos importante con los buenos coches fabricados con materiales de primera cali-

dad, pues el juego es debido generalmente al empleo de bronce de calidad inferior que se gasta muy aprisa.

Puede, también producirse juego en los demás órganos (eje de volante, eje de émbolo, etc....). La existencia de dichos juegos, bastante fáciles de evitar, tiene un resultado más desagradable que peligroso: el motor "golpea" (*tape ó cogne*) durante su marcha; pero este defecto puede resultar también de un mal estado del aparato de encendido ó de su desarreglo, lo cual trae como consecuencia la producción irregular, en un momento cualquiera, de chispas que pueden, en algunos casos, provocar hasta movimiento de retroceso, los cuales se traducen por este hecho que el motor golpea, por impedir el volante el retroceso del motor.

Estas son las principales precauciones que se deben tomar para que funcione bien el motor.

Carburador.—El carburador no exige, por decirlo así, ningún cuidado especial para su conservación. Se cuidará, sin embargo, de que el punzón (*pointeau*) cierre herméticamente. Si no fuese así, esto podría ser debido generalmente á la presencia de un cuerpo extraño que venga á colocarse entre el punzón y asiento; en otros casos, los pequeños vástagos que transmiten el movimiento al flotador pueden funcionar mal. La consecuencia de estas pequeñas imperfecciones sería que el carburador se inundaría. Conviene, pues, cuidar de cuando en cuando de la limpieza del punzón.

También puede suceder que el surtidor (*ajutage*) de llegada de la esencia se encuentre tupido, ó también que la tela metálica que sirve para filtrar la esencia esté obstruída por cuerpos extraños.

El Encendido ó Inflamación.—El encendido debe recibir cuidados especiales por parte del automovilista. No es exagerado decir, efectivamente, que las 9/10 de las averías ó *pannes* provienen del mal funcionamiento del encendido; generalmente, algunos cuidados para la conservación de los órganos de

encendido permiten evitar el mayor número de irregularidades de funcionamiento.

Encendido eléctrico.—(A) Encendido por chispas de inducción.—Examinemos sucesivamente las diversas partes que constituyen este sistema de encendido.

Pilas.—Las pilas deben estar encerradas en una caja y protegidas de la humedad por vainas de caucho, preferentemente. Además, se evitarán los movimientos de las pilas las unas con relación á las demás, disponiendo entre ellas hojas de fieltro, ó, más sencillamente, rellinando los intervalos comprendidos entre los diversos elementos con algodón en rama.

De cuando en cuando, se debe examinar el estado de las pilas por medio del amperímetro. Cuando este aparato sólo acusa 3,5 amperios, hay que reemplazar las pilas, pues sería insuficiente la chispa producida or la bobina.*

Se deben mantener en perfecto estado de limpieza todos los casquillos (*bornes*) y contactos. Efectivamente, la capa de cloruro verde de cobre que se deposita sobre los casquillos puede impedir el paso de la corriente.

Cuando el coche ha llegado al término del viaje, hay que cuidar de no dejar en su sitio la ficha de contacto, pues, á veces, en algunos modelos de coches, puede suceder que, estando la leva de encendido en una posición conveniente, pase la corriente, lo cual puede bastar para agotar casi completamente en una noche á una batería de pilas.

Acumuladores.—Los acumuladores son más delicados que las pilas, pero se les da la preferencia sobre ellas, en muchos casos, á pesar de ello, porque el encendido parece ser más seguro con los acumuladores. El automovilista que emplea acumuladores en su coche debe tomar con ellos las principales precauciones siguientes:

* Notemos que es del todo inútil el medir las pilas con un voltímetro, pues el voltaje de una batería permanece sensiblemente constante hasta el agotamiento casi completo de los elementos.

Evitar con gran cuidado el colocar, ni siquiera durante algunos instantes, cualquier pieza metálica entre dos casquillos (*bornes*) opuestos del acumulador. Éste sería puesto entonces en cortocircuito y se descargaría muy rápidamente en condiciones excesivamente desfavorables para su buena conservación.

Poner cuidado en no dejar caer nunca el nivel del líquido bastante bajo para que las placas estén en parte descubiertas. Se los examinará de cuando en cuando desde este punto de vista, y, cuando se observe que el nivel ha bajado sensiblemente, se completará el líquido con agua lo más pura posible (agua destilada si hay y, si no, agua de lluvia).

Más aún que para las pilas, conviene el no poner á los acumuladores en su caja sino sobre una placa de fieltro ó de corcho, con objeto de preservarlos de los choques; estos harían desprender partículas de la materia activa de las placas, de donde resultarían cortocircuitos internos.

Bobinas.—La bobina no exige cuidados especiales; bastará con evitarle choques y con no colocarla en una región demasiado caliente del coche, en donde podría ser destruída la materia aislante.

De cuando en cuando se limpiarán los contactos de platino con tela esmerilada muy fina, después de haber desarmado el temblador (*trembleur*).

Los conductores.—Los alambres de cobre que conducen la corriente de la bobina á las bujías deben estar cuidadosamente entretenidos. Se pondrá particular esmero en mantener al aislante en perfecto estado de conservación: un alambre mal aislado dará lugar, infaliblemente, á un cortocircuito, cuando venga, por un choque ó por cualquiera otra causa, en contacto con un punto de la masa metálica del coche; como lo señalaremos en otro capítulo, es ésta una de las causas de avería ó *panne* más frecuentes. Se visitará pues, á menudo, toda la canalización eléctrica del coche, y, si se hallase un punto mal aislado,

se tendría cuidado de rodear el alambre metálico con un pedazo de cinta aislante (*ruban chattertoné*).

Se observará que los alambres que conducen á la corriente del manantial de electricidad (pilas ó acumuladores) á la bobina no necesitan un aislamiento tan perfecto como los que van de la bobina á las bujías. Efectivamente, aquéllos conducen una corriente de poco voltaje, mientras que éstos dan paso á una corriente de tensión muy elevada; por consiguiente, en cuanto se observe un punto desnudo en uno de estos últimos, se hará con particular esmero el aislamiento, también por medio de cinta aislante.

De un modo general, todas las piezas por las cuales debe transmitirse la corriente eléctrica (casquillos ó *bornes*, contactos, puntos de unión de todo género, etc., etc.), deben estar cuidadosamente conservadas por el automovilista en perfecto estado de limpieza. Se tiene con harta frecuencia tendencia á descuidar dicha precaución, creyendo que la electricidad pasa fácilmente de una pieza á otra y que una capa de óxido no tiene gran importancia. Es un error, y la pérdida de energía que resulta del mal estado del contacto es mucho más considerable de lo que vulgarmente se cree.

Bujías.—El automovilista tendrá cuidado de que las bujías no estén nunca rotas ó hendidas; este accidente se produce con relativa frecuencia, ya sea por estar demasiado apretada la bujía, ya sea por la caída de una gota de agua fría sobre una bujía caliente. Una bujía rota no puede ya servir para la inflamación.

Por otra parte, se pondrá cuidado en mantener á las bujías en perfecto estado de limpieza, pues las impurezas exteriores dan generalmente paso á la corriente y bastan para dar lugar á explosiones fallidas (*ratés d'allumage*), no produciéndose la chispa entre las puntas. La plumbagina es el principal enemigo en este caso, pero otras muchas sustancias pueden provocar igual incidente y el lodo mismo basta, cuando contiene agua acidulada.

Las bujías se ensucian á veces á causa del depósito de aceite quemado en el cilindro; se las limpiará de cuando en cuando para quitar dicho depósito. Á veces este ensuciamiento se producirá muy rápidamente en marcha y bastará para ocasionar explosiones fallidas (*ratés d'allumage*), como lo veremos al tratar de las averías debidas á defectos en el encendido (*pannes d'allumage*).

Hemos señalado al estudiar este sistema de encendido, un sistema que permite el examen de la calidad de una bujía nueva ó el de las bujías en servicio, de cuando en cuando. Notemos que no hay interés en obtener una chispa larga, el encendido no es mejor por este motivo, al contrario.

Es preferible tener una chispa corta y muy caliente. Por consiguiente, durante el examen que se hará de las bujías, no se aumentará nunca la distancia entre las puntas de platino.

(B) Encendido por magneto.—El encendido por magneto comprende menos órganos que el encendido por pilas (ó acumuladores), bobinas y bujías. Una magneto bien hecha no exige cuidados especiales, y los inflamadores ó ruptores sólo necesitan las precauciones comunes á todos los órganos móviles y una limpieza, de cuando en cuando, de las paletas. Hemos indicado, al dar la descripción de la inflamación por magneto, la manera de hacer su reglaje; es ésta una operación que sólo hay que ejecutar muy rara vez.

El Enfriamiento.—El buen enfriamiento de un motor es una condición de la mayor importancia para que su funcionamiento sea de todo punto satisfactorio. No se tomarán nunca demasiadas precauciones para mantenerlo en perfecto estado de funcionamiento. Se han visto excelentes coches, contruídos por las marcas más afamadas, obligados á detenerse en una carrera de la mayor importancia á causa del mal funcionamiento de la bomba de circulación ó de la mala instalación de los radiadores, por cuyo motivo se calentaba el motor.

Algunos constructores descuidan (y se les debe censurar por ello) demasiado el enfriamiento é instalan la circulación de

agua en condiciones bastante defectuosas. Afortunadamente, desde hace algún tiempo, se comprende mejor la importancia de esta parte del automóvil y hay tendencia en cuidar más su estudio.

Es fácil comprender porque el perfecto enfriamiento es de la mayor importancia en automóvil. Efectivamente, si se quieren subir cuestas un tanto rápidas, se necesita un buen enfriamiento, pues, de no ser así, se calentará el motor y el aceite arderá en el interior del cilindro, lo cual podrá hasta provocar un gripaje completo del émbolo (caso muy raro, sin embargo, por suerte), y, por lo menos, destemplantará los muelles ó producirá un gripaje de las cabezas de válvulas, etc.

El calentamiento del motor se manifiesta en todo caso, por consecuencias menos graves, pero desagradables: el automóvil deja detrás de él un olor de aceite quemado y á veces hasta un humo espeso que se atribuye con frecuencia, sin razón, á una mala carburación.

Calentándose mucho el motor, su temperatura puede ser suficiente para producir la inflamación sin necesidad del encendido propiamente dicho (*autoencendido*). Resulta de ello, entonces, que el motor continúa á funcionar estando "cortada la chispa." Es inútil insistir sobre la dificultad que de ello resulta para conducir el coche.

Tales son los principales inconvenientes de una mala circulación de agua. Veamos rápidamente los cuidados esenciales que es menester dar á los órganos de enfriamiento para evitar los diversos inconvenientes que acabamos de señalar.

La bomba.—Hemos visto, al estudiar el sistema de enfriamiento, que la bomba puede estar accionada, ya sea por engranajes, ya sea por cadena ó correa, ya sea por fricción. Nada especial hay que decir para la conservación de una bomba en los dos primeros casos.

En cuanto á las bombas accionadas por fricción, exigen algunos cuidados especiales. La rotación de una bomba de estas debe ser muy fácil. El contacto entre el volante de la

bomba y el del motor que sirve para arrastrarlo debe ser lo más ligero posible. El volante de la bomba está guarnecido generalmente de cuero ó de goma, destinados á facilitar el arrastramiento aumentando la adherencia. Se cuidará de que dichas materias no estén ni desgarradas, ni gastadas, sin lo cual el arrastramiento dejaría de hacerse con regularidad y hasta podría llegar á no efectuarse, lo cual impediría el buen enfriamiento.

También se cuidará el automovilista de que el volante esté perfectamente chaveteado sobre el árbol y de que no se produzca juego lateral en el eje de la bomba.

La placa agujereada (*crépíne*) situada sobre la canalización de agua debe estar mantenida en buen estado, pues, si viniese á reventar, podría dejar pasar un cuerpo extraño de cierto tamaño que vendría á meterse entre las paletas de la bomba, y podría, ya sea romperlas ya sea hacer que su funcionamiento se volviese bastante recio para causar la ruptura de un diente de engranaje, por ejemplo.

El engrasado de la bomba deberá estar hecho con particular esmero.

Canalización.—La canalización se visitará de cuando en cuando. Se cuidará de que no se produzcan quebraduras ó de que no presenten las cañerías partes curvas tales que opongan una resistencia notable al paso del agua.

Radiador.—El radiador no exige cuidados especiales, sobre todo cuando está formado de un simple tubo de aletas encorvado.

Los radiadores “de panal” son algo más delicados. Se pondrá cuidado en evitarles choques que podrían fácilmente estropear los alvéolos, lo cual bastaría generalmente para ponerlos fuera de servicio en camino, pues la reparación de un radiador de panal sólo se puede hacer convenientemente en un taller.

CAMBIO DE VELOCIDADES.

Cambio de velocidades por poleas.—El cambio de velocidades por poleas no requiere cuidados especiales; se tratarán de igual manera que las poleas de taller.

Cambio de velocidades por engranajes.—Estos son los de uso más corriente; necesitan cuidados especiales.

En primer lugar, recomendación que nunca repetiremos bastante, no se debe utilizar el cambio de velocidades sino después de haber desembragado el motor. El descuido de esta precaución trae como consecuencia inevitable, tarde ó temprano, la destrucción casi completa ó completa de los engranajes que componen el cambio de velocidades. Esta es la precaución fundamental que se debe observar para la buena conservación de este aparato.

Otra recomendación esencial es la de no hacer trabajar los engranajes sino en un cuerpo graso, aceite ó grasa. Hemos visto que los engranajes están encerrados en un carter casi enteramente lleno de materias grasas. Según los constructores, estas materias son aceite ó grasa (vaselina). La grasa parece preferible, á condición de ser perfectamente flúida.

De cuando en cuando, á intervalos variables según el servicio que se exige del coche, se deberá abrir el carter y vaciarlo enteramente de las materias grasas, lo cual se hace destornillando el tapón de purga. Se aprovechará esta ocasión para examinar el estado de las ruedas dentadas. Estas no deberán estar ni desgastadas, ni sin chavetear, ni hendidas.

Después de haber examinado el estado de los engranajes, se les podrá lavar con petróleo; se volverá á llenar de nuevo el carter con el cuerpo graso y el sistema estará pronto á funcionar.

LA TRANSMISIÓN FLEXIBLE.

Cadenas.—La cadena requiere cuidados especiales que muchos automovilistas no observan. Cada vez que el coche vuelve de excursión lleno de lodo, éste llega siempre á las

cadenas que oxida dándoles la rigidez de barras macizas. Será menester *siempre* limpiar en este caso muy cuidadosamente las cadenas quitando todo el lodo, lavarlas después con petróleo por medio de una brocha de pintor, y, por último, secarlas. Se las engrasará después muy ligeramente frotándolas con un trapo untado de vaselina y se cerciorará uno de si la tensión es siempre buena.

Conviene, de cuando en cuando, desarmar las cadenas y hacer un engrasado más serio. Después de haberlas limpiado como anteriormente, se las coloca en una cacerola llena de vaselina y se deja el todo sobre un fuego dulce durante un cuarto de hora; por este medio, la grasa penetra bien en todas las articulaciones. Se deja después enfriar, se limpian las cadenas y se vuelven á poner en su sitio.

La ruptura de una cadena en marcha ó su abertura, si el perno ó pasador de unión que sirve para cerrarla viniese á desprenderse, constituyen un grave accidente. Efectivamente, hay muchas probabilidades para que los dos cabos flotantes de la cadena vengan á meterse entre los radios de la rueda, lo que hará inevitablemente volcar el coche. Se examinará, pues, con frecuencia el estado del pasador de unión y se cuidará de reemplazar cualquier eslabón que parezca demasiado gastado para sostener más tiempo el trabajo. El automovilista deberá llevar siempre en su cofre de herramientas algunos eslabones de recambio.

Manera de cambiar un eslabón de cadena.—El eje ó espiga (*soie*) que pasa por el agujero de la cara (*flasque*) del eslabón está remachado. Se empezará, pues, por destruir dicho remache, ya sea con un cortafríos, ya sea á la lima; después, se empuja hacia fuera la espiga por medio del empuja clavijas (*chasse-goupilles*). Se puede entonces quitar el eslabón que se quiere reemplazar. Se pone en su lugar el eslabón nuevo; se hace entrar la espiga en el agujero de la cara, golpeando suavemente con el martillo, y se remacha la extremidad de la espiga.

Se puede evitar dicho trabajo de remache si se toma la precaución de proveerse de pernos de igual diámetro que las espigas, un poco más largos que éstas, y de tuercas de igual paso.

Correas.—Las correas de cuero deben engrasarse de cuando en cuando. Se emplea para esto con éxito al exterior una mezcla de aceite de pescado y de sebo. Si se descuidase este engrasado, la correa se secaría y llegaría á romperse.

La parte interna de la correa se untará con cera vegetal del Japón que tiene, además de la ventaja de dar flexibilidad á la correa, la de volverla casi impermeable. Esta operación se hace en caliente, bañando la correa calentada á una temperatura suave, para realizar con certeza su completa desecación, en un baño de cera á 50°.

Cardán.—La transmisión á la cardán no requiere otros cuidados que un engrasado de las articulaciones, engrasado que conviene hacer con la mayor frecuencia posible.

Embrague por conos.—Como lo hemos visto anteriormente, uno de los conos que constituyen el embrague está guarnecido de cuero. De igual manera que para el cuero que cubre los volantes de las bombas, se cuidará de que no esté ni gastado ni desgarrado.

Los embragues por conos no requieren ninguna precaución para su conservación, si el constructor ha esmerado su reglaje, lo cual sucede casi siempre. Si no acontece así, se observaría, ya sea, que el cono patina, ya sea que, por el contrario, el arrastramiento se produce con demasiada brutalidad ó que es demasiado repentino, ya sea, por último, que el muelle de retroceso viene á ser insuficiente para hacer volver hacia atrás al cono macho una vez que ha penetrado en el cono hembra. La carrera de desembrague debe ser lo más corta posible. Si se observase uno de los defectos anteriores, se deberá efectuar el reglaje de los conos examinando la horquilla de desembrague.

El Diferencial.—El diferencial es, de todas las partes del coche, una de las que más trabajan. Como cualquier sistema de engranajes, es absolutamente indispensable el mantener á las ruedas constantemente bañadas en aceite. Se cuidará, pues, de inyectar aceite en el carter con bastante frecuencia, cada 200 kilómetros, v. gr., y, de igual manera que para el cambio de velocidades, convendrá, de cuando en cuando, abrir el carter y limpiar con esmero los engranajes antes de volver á poner aceite.

Los Frenos.—Los frenos no deben estar nunca grasos. Como sucede con bastante frecuencia que salten gotas de aceite sobre los patines ó las cintas, habrá que desarmar de cuando en cuando los collares y lavarlos con esencia.

Todas las articulaciones de la transmisión de movimiento á los frenos deberán ser engrasadas antes de cada salida. El automovilista hará bien en cerciorarse siempre, antes de partir, del buen funcionamiento de sus frenos.

Cuando el cuero del collar de los frenos empieza á gastarse, no habrá que vacilar en reemplazarlo. Este trabajo es fácil de hacer y el automovilista podrá él mismo poner los remaches de cobre que mantienen al cuero.

No se debe nunca espolvorear resina sobre los frenos, como hacen algunos para aumentar la adherencia: efectivamente, si se pone resina, al primer frenado que se da, la adherencia será demasiado grande y el frenado tan brutal que se corre el riesgo de estropear la transmisión. Después la resina se derrite y el freno se vuelve más resbaladizo que antes.

Los demás órganos del coche: dirección, engrasadores, etc., no requieren cuidados particulares. El simple sentido común indica lo que hay que hacer para mantenerlos en buen estado.

Hemos visto, al tratar de los neumáticos, cuáles son las precauciones que se deben observar para realizar la buena conservación de estos indispensable auxiliares.

XVII

AERONÁUTICA *

GENERALIDADES.

1. Ramas que comprende. La navegación aérea comprende dos ramas principales; á saber: 1.^a AEROSTACIÓN (*in aere stare*), que utiliza globos, *libres ó dirigibles*, y un gas *más ligero que el aire*, el cual da origen, conforme al principio de Arquímedes, á un empuje vertical, que anula el efecto de la gravedad; 2.^a AVIACIÓN (de *avis*, ave), que emplea procedimientos mecánicos y aparatos de vuelo artificial, principalmente deducidos de la observación y estudio del vuelo de las aves, para conseguir la elevación en el espacio y el movimiento y dirección en todos sentidos, de cuerpos *más pesados que el aire*.

2. Clasificación del vuelo.—Se distinguen tres clases, á saber:

Vuelo batido ó vuelo por alas batientes, es el que utilizan los pájaros más frecuentemente, es el del insecto al estacionarse encima de una flor y el del gavilán, que se cierne sobre su presa. Es el llamado vuelo á remo. En este vuelo el motor es el pájaro.

Vuelo plano ó planivuelo: es el transporte del pájaro con las alas desplegadas é inmóviles, deslizándose en el aire mediante la velocidad adquirida. Algunas aves, como las águilas, utilizan casi exclusivamente este vuelo, combinándolo con el vuelo á vela. En este vuelo el motor es la fuerza de la gravedad.

* Apéndice á la "Física Moderna" de 1908.

Vuelo á vela. En este vuelo el motor es el viento, que hace avanzar al pájaro contra la propia corriente aérea. Es la marcha contra el viento con las alas desplegadas y sin agitarlas.

3. El motor de petróleo, como auxiliar.—El auxiliar más eficaz para la resolución de los problemas, que encierra la navegación aérea, ha sido y es el motor de petróleo, objeto de estudios preferentes y cuya potencia y ligereza relativas obtiéndose, construyendo sus órganos esenciales con acero, y las partes secundarias con aluminio, cobre y latón.

La aviación es hija directa del automovilismo, ya que la paternidad del automóvil respecto del aeroplano la debe á su motor de petróleo.

4. Aparatos de aerostación.—La aerostación comprende los globos *esféricos* libres ó cautivos, los globos-sondas, y los *FUSIFORMES* ó dirigibles. Estos últimos son de tres clases; á saber; *RÍGIDOS*, tipo *Zeppelin*; *SEMIRÍGIDOS*, tipo *Republique*, y, *DUROS*, tipo *Clément-Bayard*.

a. El dirigible alemán del Conde de *Zeppelin*, de 126 metros de largo, está constituido por una *série* de láminas delgadas de aluminio, reforzadas por vigas de acero, y encierra diez y siete globos cilíndricos unidos entre sí. Lleva además cuatro planos horizontales *estabilizadores* á cada lado y así mismo células con planos verticales, utilizando los primeros para subir y bajar y los segundos para la dirección lateral y viradas. Pertenece al tipo de dirigibles *rígidos* ó dirigibles de metal, cuya principal ventaja consiste en la permanencia de la forma. Sin este requisito, el huso gaseoso se hundiría bajo el empuje, que tratase de dar al aire, ó se aplastaría contra la muralla, que éste opone al impulso del motor.

b. Los dirigibles franceses *Patrie*, *République* y *Démocratie* corresponden al tipo *semirígido*, en que el *fusiforme* es libre y tiene guarnecida su parte inferior con una *zapata metálica*, especie de plataforma, que le impide deformarse y ofrece puntos de unión á las cuerdas, de que pende la barquilla.

Al tipo semirígido pertenecen también los dirigibles alemanes *Gros*. El II de este nombre posee estabilizador adelante; gobernalle doble de altura bastante adelante; dos hélices de tres ramas, que giran en el mismo sentido; cola estabilizadora con el gobernalle vertical; dos baloncitos delante y detrás y un peso de corredera en la quilla, de unos 75 kgr.; dos motores de 75 caballos cada uno; envoltura de 5.000 m.²; una punta obtusa, un cuerpo grueso y la parte posterior en punta aguda.

c. El dirigible *Ville de París*, exento de metal, pertenece á las 3.^a clase; á la de globos *duros*, así como el *Clément Bayard*, dotados de cámara de aire ó *baloncito de Meusnier*, que contribuye á conservar la forma del globo. Á esta clase pertenece también el *Parseval*, alemán. Están formados por fuertes telas cauchutadas.

También se construyen dirigibles del tipo "*Zodiaco*," *desmontables y trasportables*, que pueden prestar grandes servicios bajo los puntos de vista militar y sportivo.

5. Reformas generales de los aeróstatos antiguos.—a. Mediante la forma alargada del globo, la supresión del cordaje, que deja lisa la superficie, y forrando de tela la barquilla fusi-forme, se da á los dirigibles facilidad de penetración y menos resistencia al avance.

b. La tercera clase de dirigibles conserva la rigidez necesaria con auxilio de una gran bolsa de algodón engomado, cosida al vientre del globo; *cámara*, que puede inflarse *de aire* mediante un *ventilador*, accionado por el motor.

c. A fin de dar salida al gas del globo, cuando éste se eleva, lleva en la parte posterior dos válvulas, que se abren, cuando la presión adquiere un valor determinado. También la *cámara de aire* tiene una válvula automática, que se abre con pequeño esfuerzo.

d. Al subir el globo, disminuye la presión del ambiente y el gas de aquél se dilata; entonces cede, por ser más débil, la válvula de la cámara de aire, sale parte de éste y el gas del

globo ocupa su lugar, sin que cambie la forma del conjunto.

e. Lo contrario sucede, cuando baja el globo; pues, aumentando la presión del ambiente, se contraen el aire y el gas encerrados y tiende el globo á ablandarse; pero entonces se da á éste la rigidez que necesita, introduciendo con auxilio del ventilador el volumen de aire expulsado.

La cámara de aire tiene oficio análogo al de la vejiga natatoria de los peces.

f. Los autobalones ó dirigibles llevan planos horizontales de estabilización en profundidad, una quilla fija vertical y á continuación el gobernalle de dirección ó timón.

6. Aparatos de aviación.—La *aviación* utiliza aparatos, que se denominan:

Ornitópteros y ortópteros con un par ó con varios pares de alas, y que se destinan á realizar el vuelo á remo, sosteniéndose en el aire á semejanza de las aves con auxilio de alas batientes. Tipo el avión Ader, 1897;

Helicópteros, con los cuales se trata de realizar la ascensión, antes que la progresión, á impulsos de una ó más hélices, que giran sobre un eje vertical; y

Aeroplanos, que sirven para ejecutar el planivuelo, y están constituidos por grandes superficies, de poco peso, planas ó ligeramente convexas y en general propulsadas por una hélice, accionada por un motor de gasolina.

7. División de los aeroplanos.—Pueden ser: *monoplanos*, como los Blériot, "Antoinette," "R. E. P"—(Robert-Esnault-Pelterie), "Gaztambide-Mangin," el "Demoiselle" de M. Santos-Dumont, etc.; *biplanos*, como los de "Wright," "Voisin," "Curtiss," Farman," etcétera; *triplanos*, como el "Goupy" y el de Borgnis y Savignon.

Se proyecta la construcción de algún *cuádruplano* y de *multiplanos*.

Las denominaciones de bí, tri . . . multiplanos corresponden al número de planos superpuestos.

8. La labor y el éxito.—Un descubrimiento científico va siempre precedido de constantes investigaciones y de muchos ensayos, y es el resultado de la colaboración de muchos hombres, algunos de los cuales son víctimas de su amor al progreso. Tras de sabios observadores, como Leonardo da Vinci, han laborado físicos, fisiólogos y matemáticos, como Babinet, Marey, Renard, Drzewieki y más recientemente Valier y el malogrado Ferber, que han precisado las leyes del planivuelo. Han practicado el vuelo mecánico experimentadores audaces como Lilenthal y Pilcher, mártires de la aviación y precursores de Santos-Dumont, Farman, Delagrangé, Blériot, Wright, Curtiss, Latham, Paulham, Conde de Lambert, Roger Sommer y otros muchos que tan brillantes éxitos obtienen en la primera década del siglo xx.

DIRIGIBLES.

9. Antecedentes históricos.—En el siglo xviii, el Teniente de Ingenieros Meusnier, en 1785, concibió el proyecto de dirigir un *globo de forma alargada*, con propulsor análogo á la *hélice* de los buques, con *governalle* y con un pequeño *globo compensador* de aire, para mantener tensa la envoltura del globo. Según Renard, el Teniente Meusnier, después General, que murió en el sitio de Maguncia, es el verdadero precursor de la dirigibilidad de los globos.

En 1884, el Capitán Renard y su colaborador Krebs, utilizando el motor eléctrico, consiguieron evolucionar en el globo *La France* y volver al parque de Meudon, á pesar del viento, demostrando la posibilidad de dirigir los globos.

10. En el siglo XX, Santos-Dumont, el 19 de Octubre de 1901, instalándose á bordo de la navicilla de un aeróstato en forma de cigarro, provisto del globo compensador Meusnier y de una hélice propulsora, accionada por un motor de petróleo, ganó el premio fundado por M. Deutsch, cuyo programa consistía en partir de las colinas de Saint Cloud, dirigirse hacia

la torre Eiffel, dar la vuelta á la torre y regresar al punto de partida en media hora.

En 1902 el ingeniero Julliot consiguió dar al dirigible *Patrie*, por su arquitectura y por el agrupamiento de sus órganos de propulsión y dirección, una admirable estabilidad, exenta de balanceos. Pero este hermoso navío aéreo, apenas terminado su viaje de Moisson á Verdun, fué arrancado de manos de los que tenían las amarras por un violento huracán, que lo impulsó hacia las regiones polares.—A éste dirigible ha venido á sustituir el *Ville de París* construído por MM. Surcouf y Kapferer.

Aún más infausta suerte cupo el 25 de Septiembre de 1909 al *République*, á consecuencia de la proyección de un fragmento de paleta de la hélice, en plena marcha, contra la envoltura. Cortada ésta súbitamente, la salida rápida del gas determinó la caída vertical de globo y barquilla, la destrucción de todo el mecanismo y la muerte de sus valerosos aeronautas Capitán Marchal, Teniente Chauré y ayudantes mecánicos Reaux y Vincennot, formando en tan inesperada catástrofe bajo la deshinchada tela, que les sirvió de ataud, un montón de restos inanimados y deshechos el dirigible y su tripulación.

Este magnífico buque aéreo había ganado la *Copa Deutsch de la Meurthe* el 4 de Agosto del mismo año, haciendo un circuito de 210 kilómetros en 7^h 13' de Chalais-Meaux-Melun-Chalais, con una velocidad media de 30 kilómetros por hora, en altitudes de 200 á 1.000m., pilotado por los Capitanes Bois y Fleuri y el ayudante Reaux, mecánico.

Los dirigibles, considerados como verdaderos cruceros de guerra en las regiones de la atmósfera, más bien que como agentes de transporte, se construyen con afán, especialmente en Alemania, que cuenta ya con una verdadera escuadra de diversos tipos de buques aéreos. Francia tiene varios y los adquieren ó fabrican las demás naciones, como Inglaterra, Estados Unidos; Bélgica, Italia, España, Suiza, etc.

12. Elementos de que constan los globos dirigibles.

a. Un globo de seda cauchutada de 1.000 á 6.000 metros cúbicos.

b. Un *baloncito* de aire, interiormente adaptado al globo y en relación con

c. Una *bomba* para inyectar ó extraer aire, hacer permanente la forma del globo y variable el peso de éste, y por tanto, para ascender ó bajar;

d. Una *barquilla*, suspendida del globo por ingeniosa disposición de cuerdas: en ella va instalado

e. Un *motor* de gas y su árbol de transmisión, para accionar

f. *Dos hélices* propulsoras, que giran en sentido contrario;

g. *Un gobernalle de dirección*, consistente en dos superficies verticales móviles sobre un eje vertical;

h. *Un gobernalle de profundidad*, constituido por dos superficies paralelas, móviles sobre ejes horizontales;

i. Varias superficies planas fijas, para mantener la estabilidad del aparato.

13. Generadores de fuerza motriz.—Para el movimiento de los globos se ha utilizado la fuerza muscular, la máquina de vapor, la energía eléctrica y el motor de gasolina ó de petróleo. Á este último, por su potencia y por la ligereza de su construcción, se deben los resultados satisfactorios, obtenidos para la dirigibilidad de los aeróstatos. Existen varios tipos de motores para dirigibles y para aeroplanos. De ellos se tratará más adelante.

14. Órganos de propulsión y de dirección: son las hélices y los timones. Hélices de dos ó más paletas, colocadas en la parte anterior ó posterior del eje, son accionadas por un motor instalado en la navecilla.

Superficies móviles horizontales, generalmente dispuestas adelante, desempeñan el oficio de *gobernalle* para subir ó bajar, mientras que otras superficies, verticalmente móviles, offician de timón en la parte posterior.

Las paletas de la hélice, reunidas en estrella alrededor de un cubo montado sobre un árbol, afectan la forma de un *paso de tornillo*. La hélice se atornilla en el aire, como en un sólido, de modo que, siendo móvil el aparato, de que forme parte, éste avanzará y si, por el contrario, fuese fijo, p. e.* una bomba de agotamiento, la hélice empujaría el fluido con violencia detrás de ella.

Denomínase *paso* de la hélice, como el del tornillo, el camino que hace recorrer al aparato en una vuelta completa; las hélices pueden ser de paso largo ó de paso corto. A mayor paso corresponde mayor potencia de parte del motor.

Las diferencias entre fluidos y sólidos determinan el que la hélice avance en una vuelta una cantidad menor que su paso y esta cantidad se llama *avance*.

Llámase *pérdida de paso* la diferencia entre el paso y el avance y *retroceso* de la hélice el cociente, que resulta de dividir la pérdida de paso por el paso. Ejemplo: una hélice, cuyo paso sea de 10 metros y su avance 8 metros, tendrá una pérdida de paso de 2 metros por vuelta. El retroceso en tal caso

$$\text{será } \frac{2}{10} = \frac{1}{5}.$$

El *trabajo útil* de una hélice es igual al esfuerzo suyo sobre el árbol, medido en kilogramos, multiplicado por su avance medido en metros. Cuanto menor es el retroceso, menor es la potencia necesaria del motor, y mayor el rendimiento de la hélice. Una buena hélice tiene un rendimiento de 80 por 100.

15. Instrumentos que suelen llevar los globos dirigibles:

- a. Una *brújula* magnética, que señala el Norte y lleva marcados los puntos cardinales,
- b. Un *estatóscopo*, que indica, si el globo sube ó baja,
- c. Un *barómetro*, que señala la altitud,
- d. Un *cuadro con aparatos meteorológicos*, (termómetros, higrómetros, electrómetros, etc.),

* P. e.=por ejemplo.

- e. Un *cronómetro*, que indica el día, hora, minutos y segundos,
- f. Un *anemómetro*, que marca la velocidad del viento,
- g. Un *lock*, que indica la velocidad de la marcha del globo en kilómetros por minuto.

FUNDAMENTOS DE LOS AEROPLANOS

16. Aeroplanos: sus fundamentos.—Enseña la Física que el aire retarda la caída de los cuerpos y que la *resistencia del aire* al movimiento de éstos es proporcional á la superficie que presentan. De dos hojas iguales de papel cae más pronto la que se estruja en forma de bola.

Esta resistencia del aire, ejerciéndose sobre una superficie plana, varía con la extensión y forma de ésta, con su inclinación sobre la dirección del movimiento y con la velocidad.

El cristal, que se coloca delante de un automóvil, para preservar á los viajeros de las molestias del aire, da por resultado la disminución de la velocidad del vehículo. Y si este cristal no estuviera fijo, caería por efecto del empuje del aire, ó sería preciso, para sostenerlo, una fuerza opuesta en sentido contrario. De donde resulta que *la resistencia del aire es una fuerza perpendicular al plano del cristal y dirigida en sentido contrario de la marcha*. Su punto de aplicación es el centro de la superficie y se denomina *centro de presión*.

Ángulo de ataque.—Si desde la posición vertical hacemos pasar gradualmente el cristal hasta la posición horizontal, veremos que la velocidad del automóvil aumenta cada vez más, porque disminuye la resistencia del aire, aproximándose al borde anterior el centro de presión.

De modo, que el máximum de resistencia del aire corresponde á la posición vertical de la vidriera ó sea á un ángulo de 90°, formado por ésta con el horizonte, y el mínimum á la posición horizontal, en que este ángulo es cero.

Llámanse *ángulo de incidencia* y también *ángulo de ataque* al

formado con la horizontal por la dirección de una superficie, que se mueve en el aire, p. e.; la de un aeroplano.

La resistencia del aire aumenta con el valor del ángulo de ataque y, por consiguiente, cuanto mayor sea éste, mayor habrá de ser la potencia del motor empleado. Es decir, que el ángulo de ataque ha de ser muy pequeño.

Influencia de la superficie.—Es evidente y la experiencia lo demuestra, que duplicando la superficie del cristal, es también doble *la resistencia del aire* á la marcha, y en general *es proporcional dicha resistencia al valor de la superficie*.

Envergadura.—Dados dos hojas de cartón iguales, de forma rectangular prolongada, moviéndose horizontalmente en el aire, en línea recta y conservando una pequeña inclinación, supongamos que una de ellas ofrezca el lado mayor por delante y la otra el lado menor. La resistencia opuesta por el aire será mayor en la primera, á pesar de tener igual superficie. La causa de ello es que cuando se presenta al frente el lado pequeño, resbalan con facilidad las moléculas aéreas á lo largo de los lados mayores, mientras que, al presentarse delante el lado mayor, quedan aquellas aprisionadas en la parte media, hasta que ha pasado toda la hoja.

La dimensión perpendicular á la dirección del movimiento se llama *envergadura*. *La resistencia del aire aumenta con el valor de la envergadura*. Así, pues, las superficies de sustentación de los aeroplanos necesitan mayor dimensión en sentido trasversal á la dirección del movimiento; lo mismo ocurre con las alas de las aves.

Velocidad.—Si en el ejemplo del automóvil damos á este doble velocidad, será cuatro veces mayor la resistencia del aire ó la fuerza necesaria para sostener el cristal, lo cual quiere decir que *la resistencia del aire es proporcional al cuadrado de la velocidad*.

17. Equilibrio de una cometa.—Representemos por CC' la sección de una cometa, siendo su plano perpendicular al de la fig. 62, y supongamos fija la cuerda al punto medio I del cua-

dro. Representemos además el peso P de la cometa por la longitud IP , como fuerza, que obrará hácia abajo en la dirección de la plomada. Por otra parte, la superficie CC' , recibe del viento una presión, perpendicularmente dirigida y aplicada al centro de empuje, que suponemos sea I , y representamos por IR . Y por último, sea IF' la tensión de la cuerda, que la sujeta al suelo.

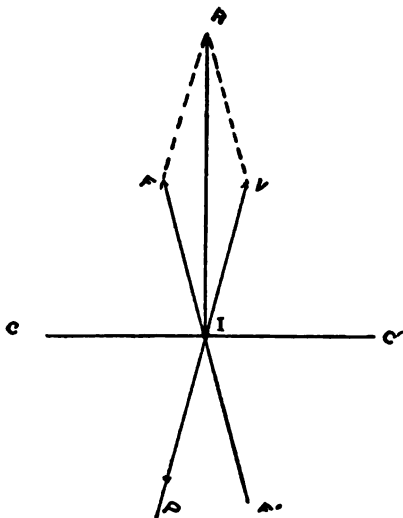


Fig. 62.

Según la ley del paralelogramo, la fuerza IR puede descomponerse en otras dos, la IV , vertical y la IF , en la prolongación de la cuerda y opuesta á IF' . De este modo, el sistema de las tres fuerzas, que actúan sobre la cometa, queda sustituido por el conjunto de otras cuatro P , V , F y F' , que no alteran el sistema.

Ahora bien; al peso P se opone la fuerza V , que tiende á levantar la cometa. Cuando el empuje del viento sea bastante grande, crecerá también la componente vertical V , y al ser mayor que el peso P de la cometa, ésta se elevará. Pero entonces levantará un peso mayor de cuerda y el aparato se inclinará menos sobre el horizonte: luego disminuirá R y por tanto, su componente V .

Aumentando P y disminuyendo V por efecto de la subida de la cometa, se igualarán estas dos fuerzas en un momento dado. A la vez F es destruída por F' , que es la tensión ejercida sobre la cuerda por el niño que la sujeta, y la cometa queda inmóvil.

Si aumenta la fuerza del viento, R aumenta también é igualmente V y el aparato sube, hasta encontrar otra posición de equilibrio, en que P sea igual á V y F' igual á F . Viceversa, si disminuye el viento, descenderá la cometa.

Cuando no hay viento, el niño corre cuanto puede, para dar origen al viento que hace falta á la cometa. Entonces la resistencia del aire al movimiento origina sobre la cometa una fuerza R , cuyo valor depende de la velocidad de la carrera. Cuanto más rápida sea ésta, mayores serán los valores de R y de V y, por tanto, mayor también la altura, á que suba la cometa.

18. Principio del aeroplano.—¿Cómo puede moverse en la atmósfera, sin caer, un cuerpo más pesado que el aire? ¿Cuál es el fundamento del aeroplano?

a Sea SS (fig. 63) la sección de una superficie plana, reducción del aeroplano: supongámosla resbalando libremente sobre

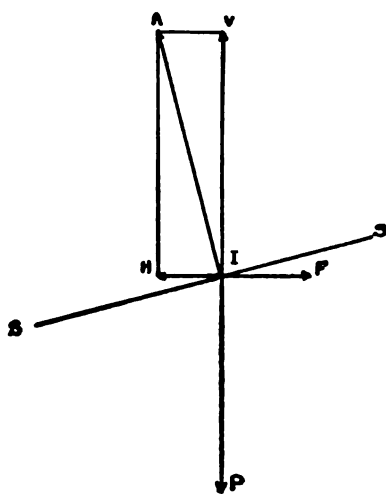


Fig. 63.

un suelo llano y conservando su inclinación sobre el horizonte.

El aparato, primitivamente en reposo, se pondrá en movimiento por el esfuerzo de tracción F , que ejecuta la hélice; pero el aire ejerce una resistencia IA sobre el plano SS en sentido perpendicular al mismo. Se puede descomponer la fuerza IA en la vertical IV y la horizontal IH , opuestas respectivamente al peso P del cuerpo y á la fuerza de tracción F . Si el aparato

está accionado por un motor y una hélice convenientes, la velocidad aumentará con rapidez y como IA , resistencia del aire,

crece proporcionalmente al cuadrado de la velocidad, crecerán á la par las componentes y por tanto la V ; cuando este llegue á superar en valor al peso P , el aparato se elevará. Resulta, pues, que *la elevación del aeroplano es debida: 1.º á la resistencia del aire*, que, por efecto de la propulsión, engendra una componente vertical en sentido contrario á la gravedad, y 2.º á *la velocidad*, que hace á esta componente superior al peso del aparato.

b Una vez en el aire, continuaría subiendo el aparato hasta cierta altura, en la que V y P fueran iguales. Pero, si se modifica la inclinación del aparato—con auxilio de un gobernalle de profundidad—variará el valor IA y, por tanto, se podrá hacer V igual á P por este medio. En tal caso, *libre el aparato de la acción de fuerzas verticales, podrá moverse horizontalmente*.

c. Si paramos la atención en la fuerza H , veremos que también habrá aumentado de valor y, como es opuesta á la fuerza de tracción F de la hélice, habrá que gastar una parte del trabajo motor en vencer la fuerza H , que es la *resistencia al avance* del aeroplano.

Así, pues, al motor son debidos el trabajo de sustentación y el de propulsión en el aire.

MOTORES DE AVIACIÓN

28. Motores de aviación.—El motor de gas ó de explosiones, cuyos progresos van unidos á los del automóvil, ha engendrado el motor de aviación. Tratando de aligerar el tipo inventado por Daimler, para trasformar el motor de automóvil en motor de aviación, se ha suprimido el volante, cuya función es almacenar la potencia en el momento de su maximum, para restituirla en el momento, en que es cero. Esta función se realiza por medio de muchos *cilindros*, cuyos vástagos actúan sucesivamente sobre el árbol motor.

M. Levavasseur y otros constructores disponen los cilindros

en V ó *abanico*, mientras que otros, como Robert Esnault-Pelterie, los han dispuesto en *estrella*. De ambos modos se evita la excesiva longitud del árbol. Después han aparecido los motores *rotativos* ó de cilindros *móviles*, cuyo enfriamiento, producido por la gran velocidad de rotación, no necesita depósito de agua, ni órganos para circulación de ésta.

29. Clasificación.—Los motores de aviación pueden ser de cilindros *fijos*, en *abanico* y en *estrella*; ó de cilindros *móviles*. El árbol de los motores rotativos es fijo y sirve de eje de rotación á los cilindros.

Al segundo grupo, ó sea á los “motores *rotativos*,” pertenece el *Gnom*, que ha dado resultados satisfactorios y se ha hecho célebre en los biplanos “Farman.”

En los motores rotativos son de mayor complicación la distribución de la gasolina en los cilindros y el *alutage*, pero á pesar de esto, el motor rotativo ha conquistado la opinión en la gran semana de aviación de Reims, con motivo de los vuelos de Farman y de Sommer.

31. Motor Anzani, del Blériot XI. Es muy sólido y de funcionamiento muy seguro, sus constituyentes metálicos son el acero, la fundición y el hierro. Está caracterizado por tres cilindros dispuestos en un mismo plano, el del centro verticalmente y los otros dos formando con él un ángulo de 60°. Los del motor á bordo del *Blériot XI* estaban provistos de aletas de enfriamiento, pero éste podría obtenerse también, proveyéndoles de una circulación de agua.

Los tres cilindros bastan para asegurar la regularidad de marcha, pues nunca falta por lo menos una explosión en cada vuelta, y de esta simplificación resulta más seguridad. La disposición de los cilindros en *abanico* se presta muy bien al enfriamiento por aletas y á su inspección y desmonte.

La resultante de las fuerzas de inercia en el movimiento de las masas alternativas es, á virtud de la disposición angular de los cilindros, siempre constante y dirigida según el radio de

la manivela y esto da facilidad para un equilibrio exacto por medio de un contrapeso.

Una de las bielas es de cabeza simple, las otras dos de horquilla y las tres atacan una misma manecilla, que está enmangada en sus extremos en volantes de acero interiores al *carter*. De esta disposición resultan algunas ventajas, á saber: Los esfuerzos son siempre dirigidos según los ejes de las bielas. Están reducidas al *mínimum* las superficies de fricción. Está suprimido el *berbiquí*, descartando todo riesgo de ruptura y pudiendo emplear cabezas de bielas cerradas, que son más sencillas y sólidas que las cabezas abiertas.

Los volantes interiores permiten la colocación de su centro de gravedad exactamente en el plano de los cilindros; además, el exterior del motor está del todo libre de partes móviles.

La distribución se hace por válvulas de admisión automáticas, situadas encima de las de escape. Estas últimas son accionadas por tres camas independientes, cada una de las cuales es cogida en la masa con el piñón correspondiente. Así se suprime el árbol de camas, se reduce los frotamientos y se simplifica el montaje y el arreglo del motor.

La inflamación se hace por un encendedor, que lleva tres tembladores, acumuladores y bobina. Ésta lleva tres inducidos separados, de modo que los tres circuitos quedan independientes y aseguran así el buen funcionamiento. Puede ser considerado como si fuese de 6 cilindros en estrella. El tipo más común es 6 cilindros y 24 caballos.

El motor puede girar á 1,600 vueltas, desarrolla de 25 á 30 caballos, en orden de marcha pesa 65 kilogramos y gasta por caballo—hora medio litro de gasolina.

DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS AEROPLANOS

41. Aeroplano de Santos-Dumont.—Puede compararse á un pájaro. En éste las alas son á la vez superficies sustentadoras, propulsoras y directrices, y la cola una superficie di-

rectriz, principalmente destinada á corregir la posición del centro de presión con respecto al de gravedad.

En el aeroplano de M. Santos-Dumont las alas son dos sustentadores simétricos AA, de dos planos paralelos cada uno, (fig. 64) y divididos en células, como la cometa inventada por Hargrave en Australia.

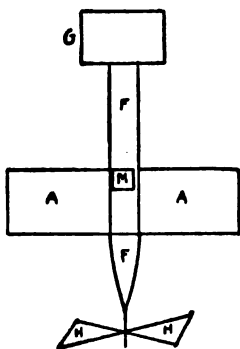


Fig. 64.

La navecilla, que representa el cuerpo del ave, está situada bajo la arista común á las alas, dispuestas en ángulo diedro muy abierto, y lleva el motor M, cuyo árbol prolongado hace mover la hélice propulsora H, situada en el sitio correspondiente á la cola.

Delante del motor M está la cesta, en que se coloca el aviador, y adelante se ha adaptado una viga alargada, que representa el cuello alargado del pájaro, cuya cabeza está sustituida por una caja G, que forma un gobernalle celular, orientable en todos sentidos.

2

La armazón del aeroplano 14 bis está formada por varillas de bambú y los planos de sustentación están separados por tabiques verticales, todo tenso por cuerdas de piano.

El motor de petróleo de 50 caballos acciona la hélice de dos paletas, que da 1.500 vueltas por minuto.

El peso total del aeroplano pilotado era de 300 kilogramos.

El piloto da la dirección por medio de un volante, que acciona dos cables, para desviar ya en un plano horizontal, ya en un plano vertical la caja celular ó *gobernalle*, que á este fin está unida al cuello del aparato por una articulación á la Cardán.

El aparato descansaba por dos ruedas de velocipedo sobre un carrito, que servía para trasportarlo.

42. Aeroplano Wright.—Es un *biplano*, que lleva delante el *gobernalle de profundidad*, destinado á subir y bajar, cons-

tituido por dos superficies horizontales, dispuestas una debajo de la otra; y detrás el *governalle de dirección*, compuesto de dos superficies verticales y paralelas.

Sirven de soporte al aparato *dos largueros*, que lo unen con él por una serie de varillas formando enrejado y que, haciendo oficio de patines, le facilitan el apoyo en el suelo y el resbalamiento, al tomar tierra; son encorvados hacia arriba en su parte anterior y en ella sostienen el *governalle de profundidad*.

Un motor de gasolina de 30 caballos, colocado en el centro del plano inferior, acciona mediante una transmisión por cadenas *dos hélices* de madera, situadas á uno y otro lado del eje longitudinal y que giran en sentido contrario una de otra.

El aeronauta puede *alabear* los dos planos principales, que al efecto están unidos entre sí por montantes articulados, moviendo con la mano una *palanca*, que el mismo tiempo actúa sobre el *governalle de dirección*; otra palanca independiente acciona el *governalle de profundidad*.

TÉCNICA DE LA AVIACIÓN.*

Efecto del aire sobre un plano.—Cuando un plano se mueve en el aire, según una trayectoria normal á su superficie, sufre una resistencia proporcional á dicha superficie y al cuadrado de la velocidad se admite pues, expresarlo por la fórmula

$$R = \varphi S V^2$$

en donde φ es lo que se llama coeficiente de resistencia ortogonal ó resistencia específica del plano ortogonal; es la resistencia expresada en kilos que sufre un plano cuadrado de un metro de lado al moverse en el aire con una velocidad de 1 metro por segundo, S = superficie en metros y V = velocidad en metros por segundo.

* Del "Curso de Aviación," por Brunet y Viadera, Barcelona, 1910.

Esta resistencia se admite también que es normal al plano y está aplicada en su centro de figura, si bien esta segunda condición no es exacta tratándose de formas irregulares, pues la forma del perímetro tiene su influencia en variar la posición.

Si llamamos a el peso de la unidad de volumen (m^3) de aire en las condiciones de temperatura, presión y altura del medio en que el plano se mueve, y g la intensidad de la gravedad en

aquel punto, tendremos que $\varphi = \frac{a}{g}$. Siendo φ una dimensión de la naturaleza de una densidad (cociente de una masa por un volumen) tenemos que el coeficiente φ es un número abstracto independiente de las unidades escogidas para medir las cifras que entran en la fórmula, la cual se convierte en

$$R = \varphi \times \frac{a}{g} S V^2$$

el coeficiente φ es pues proporcional á la densidad del aire.

Designaremos por

a_0 el peso de un m^3 de aire á 76 centímetros de presión al nivel de mar y á 45° latitud.

D el peso del m^3 de mercurio á 76 centímetros de presión al nivel del mar y á 45° latitud.

G la intensidad de la gravedad al nivel del mar y á 45° latitud.

P la presión absoluta en kilos por m^2 en el punto considerado.

f la tensión del vapor de agua en kilos por m^2 en el punto considerado.

t la temperatura del aire en el momento de la experiencia.

α el coeficiente de dilatación del aire = 0'00365
por una conocida ley de física sabemos que

$$\frac{a}{g} = \frac{a_0}{G} \times \frac{P - 0'377 f}{D \times 0'760} \times \frac{1}{1 + \alpha t}$$

si despreciamos la variación de la intensidad de la gravedad,

el valor de $\frac{a}{g}$ á 0° y á la presión de 76 centímetros de mercurio es sobre el plano de los 10000 k. (*) igual á:

$$\frac{1.25}{9.81} = 0.128 \text{ sea cerca } \frac{1}{8}.$$

Suponiendo el aire seco y llamando H la altura reducida de la columna de mercurio que hace equilibrio á la presión P se tendrá:

$$\frac{a}{g} = \frac{a_0}{G} \cdot \frac{H}{760} \cdot \frac{1}{\alpha \left(\frac{1}{a} + t \right)}$$

y haciendo:

$$\frac{1}{a} + t = 273 + t = T$$

tendremos

$$\varphi = \varphi \frac{a_0}{G} \cdot \frac{H}{760} \cdot \frac{1}{\alpha T}.$$

La fórmula de la resistencia del aire resulta, pues,

$$R = \varphi \frac{a_0}{G} \cdot \frac{H}{760} \cdot \frac{1}{\alpha T} S V^2$$

en la cual se tiene en cuenta la densidad del aire según la temperatura y la presión.

Supongamos que en una serie de experiencias se haya determinado el coeficiente para una presión H y temperatura t ¿qué corrección hay que hacer al resultado para referirlo á 15° cent. y 76 centímetros de mercurio? tenemos:

* Es el plano ó altura en que la presión atmosférica es igual á 10.000 kilos por m², corresponde cerca los 280 metros y en él, el peso específico del aire, es igual á 1k25. Es el plano que se toma como punto de partida y se toman estos 10.000 kilos como unidad de atmósfera.

$$\varphi = \varphi \frac{a_0}{G} \cdot \frac{H}{760} \cdot \frac{1}{\alpha T}$$

que á 15° y 76 cent. de presión nos da:

$$\varphi_{15/76} = \varphi \frac{a_0}{G} \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{1}{273 + 15} \quad (A)$$

de donde

$$\varphi_{15/76} - \varphi = \left(\frac{\varphi_{15/76}}{\varphi} - 1 \right) = \varphi \left(\frac{760}{288} \frac{T}{H} - 1 \right)$$

teniendo en cuenta que $T = 273 + t$ y llamando m á lo comprendido en el paréntesis tenemos:

$$\varphi_{15/76} - \varphi = \varphi m; m = \frac{760}{288} \cdot \frac{T}{H} - 1$$

resulta la ecuación de una recta y es fácil trazar una abaca en la cual las ordenadas sean las alturas H y las abscisas las temperaturas T ó t , los distintos valores de m estarán representados por otras tantas rectas inclinadas paralelas.

Forma de las superficies sustentadoras.—¿Qué forma deben tener las superficies? Poco tiempo ha tenido la experiencia para demostrar cual debe ser la forma de la superficie sustentadora, y este es el punto capital que falta desarrollar para la aviación, punto sobre el cual deben tender las experiencias, dándonos para perfiles diversos cuadros de ensayos cuidadosos sobre los valores de F y H^* á distintas incidencias y velocidades, como también sobre la variación de posición del centro de presión según dichas incidencias, sobre todo por lo que se refiere al esfuerzo vertical ó sustentador. Por de pronto es innegable la influencia del alargamiento ó relación de envergadura, la cual prácticamente parece que para las dimensiones actuales la relación de $1/7$ á $1/8$ alcanza

* Supposing a motorplane in flight, then H = the horizontal traction, and F = a component equal to the weight of the apparatus

ya cerca el máximo de ventaja; también es innegable el efecto de la curvatura, pero las experiencias hechas hasta ahora poco deciden sobre la forma precisa de la sección conveniente para los velámenes. Al marchar una superficie inclinada contra el aire quieto, produce una depresión superior y una compresión inferior, la primera ocasiona una atracción de moléculas hacia la misma y la segunda una repulsión; tanto una como otra, dan por resultado masas de aire empujadas hacia abajo y hacia adelante, que en realidad corresponden á las reacciones de la sustentación y de la resistencia á la marcha: para que estos efectos se produzcan en las mejores condiciones, parece lógico que lo que conviene es que al momento de haber pasado la superficie quede el aire quieto, juntándose sin velocidad las dos masas de aire que el paso de la superficie habrá separado.

La teoría del plano delgado hoy dominante y que empleamos en este curso, entiendo tiene el defecto de considerar fundamentalmente para el cálculo el borde de entrada y el ángulo de ataque, olvidando la parte dorsal del ala y el borde de salida, como también el espesor de la misma; siendo así que es importantísimo tener en cuenta la desviación y velocidad que tienen los filetes un momento después del paso del velamen. Las necesidades constructivas obligan á formas algo complejas, de aquí la dificultad de establecer teorías sobre la forma precisa de la sección del ala y la importancia que tiene hoy este punto en el terreno experimental.

No debe olvidarse tampoco que la presión y la depresión citadas son efectos estáticos, como estática es en realidad la sustentación, y como la eficacia de estos efectos depende en gran parte de la forma como se producen, resulta que al mezclarse con los verdaderos efectos dinámicos de la reacción de la masa de aire removida, pueden alterar por completo el resultado final del fenómeno: de aquí la necesidad de numerosas experiencias que los técnicos están llamados á realizar

sobre los velámenes y cuyos datos han de ilustrarnos en el porvenir.

De todos modos hay algunos puntos evidentes, la superficie debe cortar el aire tangencialmente con corte liso y afilado y también abandonarlo lo más tangencialmente posible: de aquí la conveniencia de disminuir la curvatura en la parte posterior y hacerla flexible como son las alas de los pájaros; no es extraño pues, que el ligar estas dos condiciones lleve á una forma parabólica con la flecha máxima al $\frac{1}{3}$ delantero de la vela, siendo esta flecha de $\frac{1}{15}$ á $\frac{1}{20}$ en los aparatos actuales. Las conveniencias constructivas pueden sin embargo variar algo la forma y hacer que para evitar el efecto perjudicial del aire al chocar contra las ondulaciones imprescindibles á que obligarían ciertas piezas de armazón, sea preferible cierto ataque menos correcto cuya pérdida quizás sea menor que aquélla. Otro punto que parece indiscutible es que la curvatura debe ser menor cuanto mayor sea la velocidad adoptada.

Numerosas formas se han propuesto incluso por técnicos distinguidos, formas convexas hacia abajo buscando la invariabilidad del centro de presión; vía errónea pues lo que importa no es que el centro de presión no varíe, pues esto junto con las ecuaciones de equilibrio establecidas conduce á una situación de equilibrio indiferente; lo que importa es conocer la ley de esta variación, para utilizar la misma para lograr la estabilidad, combinando los diversos velámenes juiciosamente.

La vela sencilla es defendida por algunos, pero tal como se construye hoy en realidad, es muy discutible; obliga á secciones de largueros muy delgados los cuales hay que disimular, como las demás piezas del armazón de vela que siempre más ó menos desencauzan los filetes de aire. La vela doble por el contrario, resulta lisa, puede ser perfecta en el encauce del aire y á la vez que contribuye con su espesor á mayor compresión inferior y á crear más seguro lecho de sustentación,

disimula todos los elementos constructivos siendo generalmente preferida por su mayor coeficiente de eficacia.

He de hacer notar sin embargo, que no se ha ensayado en realidad la vela sencilla perfecta, el plano delgado con la curvatura conveniente, el cual, si bien parece difícil de ejecutar prácticamente, no es así, pues hay materias suficientemente ligeras y resistentes para construirlo y sin duda la industria aumentará los recursos disponibles para ello, el día en que el desarrollo de la construcción lo reclame y el resultado de las experiencias haya demostrado las mejores secciones convenientes, y como consecuencia los medios necesarios para ejecutarlas económicamente. Las aleaciones duras de aluminio, la madera en hojas delgadas y encoladas en moldes á propósito, el celuloide incombustible y otras varias pastas que hoy se fabrican, fáciles de trabajar por moldeo ó en hojas á precios abordables, sobre todo cuando el consumo sea importante, dada su ligereza, resistencia y la que les agrega la forma curvada, pueden conducir á tipos de velamen más sólidos y eficaces que los actuales, fácilmente reemplazables, más resistentes á la intemperie, y más adecuados á grandes velocidades: quizás de las experiencias que sin duda se irán realizando resultarán formas acanaladas ó estriadas hasta transversalmente, curvaturas ó profundidades variables del centro á los lados y en resumen velámenes que, deducidos de los actuales, acabarían siendo totalmente distintos de ellos.

Equilibrio del aeroplano.—El aeroplano se compondrá de una ó más superficies sustentadoras, pero, como hemos visto que el centro de presión varía con el ángulo de ataque, y además de las oscilaciones naturales podrán venir fuerzas perturbadoras á hacerle perder su posición de equilibrio, será menester más de una superficie para poder lograr que el esfuerzo de sustentación esté siempre verticalmente opuesto al peso del aparato y por lo tanto le sostenga sin tumbarse. Este esfuerzo sustentador hemos visto tiene un valor $P = RSV^2 \alpha$

ó sena y se compondrá de la suma ó composición de los esfuerzos producidos por la velocidad V sobre las diversas superficies que lo compongan.

Para imprimir al aparato esta velocidad V necesitaremos contrarrestar la componente H del velámen, que vimos, era igual á: $H = KSV^2(r_a^2 + s)$ pero á esta componente ó suma de ellas hay que añadir la que presentarán á la marcha las partes accesorias, como son: tirantes, montantes, armazones, el cuerpo del aviador, etc., todo lo cual añadirá un esfuerzo obedeciendo al coeficiente de resistencia ortogonal φ que podemos expresar por $\Sigma\varphi SV^2$, ó sea suma de estas resistencias, aplicando á cada una de ellas la corrección que le corresponda según su forma para el coeficiente φ . Dicha suma será la resistencia que opondrá el aparato á la marcha y deberá estar contrarrestada exactamente por la fuerza que le haga mover, para lograr que la velocidad sea constante y por consecuencia que F iguale á P . Pero la condición de $F = P$ y que las dos estén en la misma vertical es bastante necesaria para que haya equilibrio, pero no es suficiente para que este sea estable, como sabemos por el principio de Arquímedes y aquí, creo conveniente recordar, una lección de física elemental. Para que el equilibrio sea estable, es preciso otra condición, y es que aquellas fuerzas estén colocadas de manera que cuando el cuerpo se separe de la posición de equilibrio, tiendan á volverlo á ella, y esto no depende de la colocación en altura del centro de gravedad (lo que muchos creen ventajoso colocar el peso bajo) sino de otra cosa muy distinta.

Supongamos un aparato que ha oscilado de la posición de equilibrio sobre su centro de gravedad, la línea GP que en la posición de equilibrio une estos dos puntos, se habrá inclinado; el centro de sustentación, supongamos se ha trasladado á P' , tirando una vertical hasta que corte la línea anterior, el punto m' donde se cortan las dos líneas se llama metacentro y obra como si el centro de sustentación ó punto de apoyo estuviera trasladado á este punto, y éste si que ha de estar

encima del centro de gravedad para que el equilibrio sea estable. En efecto, si el centro de sustentación en la oscilación se ha trasladado á P' , su esfuerzo tiende á aumentar la oscila-

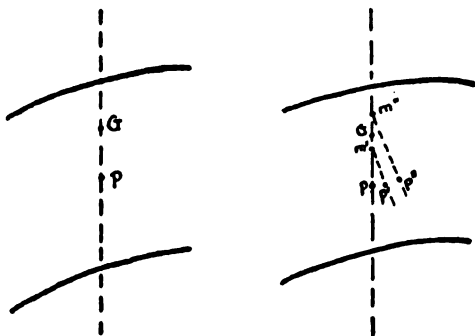


Fig. 65.

ción porque la vertical que pasa por P' corta la línea $G P$ por debajo de G . Si en la misma oscilación el centro de presión se hubiera trasladado á P'' , la vertical por este punto corta la línea $G P$ por encima del centro de gravedad, el par de fuerzas que forman el peso y la sustentación tiende ahora á volver el aparato á su posición primitiva de equilibrio.

La condición, pues, para el equilibrio estable de un aeroplano es que el metacentro esté por encima del centro de gravedad en cualquiera posición que pueda tomar el aparato. Cuando el metacentro y el centro de gravedad coinciden, la situación del aparato es de equilibrio indiferente.

De aquí se deduce que el aparato Antoinette que lleva el centro de gravedad por encima del centro de sustentación, puede ser más estable que otros aparatos con el centro de gravedad bajo, ó como muchos que tratan de hacerlo coincidir, logrando una situación de equilibrio indiferente, perturbada por la más pequeña ráfaga. En los buques conviene el centro de sustentación algo por debajo del centro de gravedad, esto hace sus movimientos más suaves sin perjuicio de la estabilidad. En los aeroplanos faltan datos y experiencias

para poder afirmar esto sobre este punto, sobre todo en lo que se refiere á las oscilaciones longitudinales, si bien la distancia no deberá ser muy grande para lograr buena estabilización, lo mismo que sucede en los buques. Pero lo que sí dice la física es que no conviene la coincidencia ya que sería como he dicho situación de equilibrio indiferente si no inestable, como no puede ser estable transversalmente un buque de sección transversal circular.

La condición del metacentro debe verificarse sea longitudinalmente sea transversalmente ó en cualquier sentido.

Si suponemos el movimiento ú oscilación entre los límites prudenciales, alrededor de un eje horizontal perpendicular al movimiento pasando por el centro de gravedad, y desde la curva que determinan las diversas posiciones del centro de sustentación según el ángulo de ataque, tiramos los verticales que corten á la vertical de la posición de equilibrio, tendremos una curva evoluta de la primera, que será el lugar geométrico de los metacentros, la cual, para que el aparato sea estable, deberá estar toda ella por encima del centro de gravedad.

Transversalmente es fácil lograrlo y hay varias disposiciones de forma que entiendo yo lo logran por completo.

Pero longitudinalmente es ya otra cosa, las variaciones de posición del centro de sustentación con respecto al centro de gravedad son grandes, sobre todo con velas curvas de gran superficie, corriéndose dicho centro hacia atrás cuando precisamente convendría se corriera hacia adelante, de aquí que sea imposible sostenerse en equilibrio una vela ó sistema de velas (biplano) único. De aquí pues la necesidad de superficies auxiliares, timones de profundidad ó colas compensadoras que devuelvan la coincidencia del centro de sustentación total, con la vertical que pasa por el centro de gravedad. Este es el único objeto de los timones citados, no el subir y bajar pues esto, debe ser producto único de un aumento ó dis-

minución de la potencia sustentadora logrado con la marcha del motor.

Con los timones ó colas de los aparatos actuales sólo se logra la citada coincidencia (si se logra algo más es por casualidad), de modo que los aparatos actuales están longitudinalmente casi siempre en situación de equilibrio indiferente; por esto requieren una atención continua del piloto sobre dicho timón, cuyos reflejos son difíciles de adquirir. Pero bien estudiadas las superficies puede fácilmente llegarse, haciendo estos timones mayores y mejor suprimiéndolos y convirtiéndolos en superficies activas, á lograr con acoplamientos juiciosos, que la curva metacéntrica resultante de todas ellas esté siempre por encima del centro de gravedad, en cualquier posición y entre límites de velocidad muy grandes.

Haciendo el mismo estudio respecto á las oscilaciones laterales resultarán varias curvas metacéntricas, las cuales determinarán una superficie metacéntrica que deberá estar toda por encima del centro de gravedad, debiendo lograrse lo mismo con diversas hipótesis de velocidad. El aeroplano así construido será igual que un buque en el mar, la maniobra de la profundidad será un caso excepcional, la maniobra ordinaria quedará reducida al motor y la dirección, y se navegará por los aires con la misma facilidad y mayor seguridad que en el mar.

Hay que hacer este estudio lo mismo para los aparatos múltiples que en los de superficie única con timones ó colas, estudiándolo hasta para las oscilaciones fuertes y diversas posiciones de las superficies móviles ó deformables.

Hay que estudiar también la curva metacéntrica entre límites muy grandes de velocidad, para que el aparato sea estable aun á velocidades pequeñas; de este modo un golpe de viento podrá voltear un aparato sin peligro, pues él volverá por si solo á su posición de marcha estable.

Haciendo varias hipótesis de viento en las cuales se tendrá en cuenta la longitud del aparato, se puede llegar á darse

cuenta perfecta, de las condiciones de estabilidad ó defensa que el mismo reúne y por lo tanto hasta qué tempestades puede correr sin riesgo.

RESUMEN DE LAS CONDICIONES QUE DEBE REUNIR UN APARATO.

La primera condición que debe tener un aparato es la potencia motora directamente opuesta á la resistencia á la marcha, esto principalmente en la posición de vuelo horizontal que podemos llamar la de marcha normal. El esfuerzo resistente en marcha se compone de dos partes: 1.^a la resistencia á la marcha de las superficies sustentadoras H , que se calculará por las fórmulas vistas, y comprobará por los datos experimentales sobre superficies ó sobre los demás aparatos: 2.^a Las resistencias de penetración de las partes inactivas del aparato ó sean montantes, tirantes, cuerpo del aviador, fuselage ó armazón, etc., etc., las cuales se calcularán por el coeficiente de resistencia ortogonal aplicable á cada una de ellas según su forma, que se procurará sea lo más apropiado posible para penetrar ó cortar el aire, tanto en su parte anterior como posterior, con objeto de poder aplicar á cada una de ellas el mayor factor de rebaja para dicho coeficiente de resistencia ortogonal. La composición de todas estas resistencias calculadas en la posición de vuelo horizontal, nos dará una resultante que compuesta con la H en potencia y colocación nos dará la situación de la resistencia á la marcha y por lo tanto la colocación en altura y dirección del eje de la hélice si hay una, ó la línea media de ellas si son dos, en cuyo caso deberán girar en sentido contrario una de otra.

Esta colocación de la hélice es teórica y en el supuesto del aparato simétrico, debiendo ser reformada ligeramente por razón de las condiciones siguientes:

Centro de gravedad respecto á la marcha.—El colocar el peso bajo no estabiliza, sino que por el contrario produce tangaje ú oscilaciones en todas sentidos las cuales pueden

llegar á ser peligrosas, por lo tanto conviene colocar el centro de gravedad á poca distancia del eje propulsor. En primer lugar conviene para el momento del arranque, en el cual el eje motor debe vencer la inercia y por lo tanto, el esfuerzo resistente en los primeros momentos de la salida, el cual se halla aplicado en el centro de gravedad; durante la aceleración se compone este esfuerzo de inercia con las resistencias al avance que van adquiriendo preponderancia, hasta casi desaparecer el primero al obtener la velocidad de régimen: en los cambios de velocidad y en el momento de paro, se deja también sentir el efecto de la inercia, así pues conviene acercar en altura el centro de gravedad al centro de resistencia á la marcha, y por lo tanto al eje de la hélice, sobre todo para que en el momento del arranque, la inercia del aparato no tienda á producir una trayectoria descendente.

Otro motivo aconseja acercar el centro de gravedad al eje y es facilitar las oscilaciones necesarias del aparato, tanto para el ascenso como para el buen planeo; en caso de paro del motor las maniobras de este modo son suaves y fáciles.

La regla metacéntrica respecto á la estabilidad lateral, aconsejaría el centro de gravedad bajo, y en realidad nada demuestra que no se puede construir un aparato seguro, en el cual el peso ayude fuertemente para la estabilización, pero en los aparatos hasta hoy contruídos no es así y es posible que no haya necesidad de bajar mucho el peso para tener estabilidad suficiente.

Además lateralmente hay un motivo poderoso que aconseja no colocar el peso bajo y es que en los virajes, el peso excesivamente bajo tiende á volcar el aparato hacia el interior de la curva descrita: por lo tanto la estabilidad lateral aconseja moderación en lo que se refiere á bajar el peso, tanto respecto al eje como respecto á la sustentación. También resulta que si el peso está excesivamente bajo respecto la sustentación, un viento lateral producirá un esfuerzo tendiendo á volcar el

aparato, en consecuencia deben también estudiarse estos efectos laterales.

Los prácticos están de acuerdo en que conviene cierta tendencia del esfuerzo motor á levantar el aparato de delante, para tener más salvada la caída de pico que es la más peligrosa: esta corrección en la colocación del eje relacionada con la situación del centro de gravedad, resulta ligada con la condición de buen planeo, pues teóricamente puede admitirse el que esta tendencia al encabritamiento con el motor en marcha sea tal, que en caso de paro del motor la desaparición de dicho esfuerzo ó tendencia, coloque el aparato cerca de la posición de planeo con máximo recorrido: esto como máximo, pues el pasar de tal límite sería peligroso. Si se emplea motor rotativo de efecto giroscópico intenso, debe aún usarse de esta corrección práctica con mayor moderación.

El colocar la hélice un poco alta ó con tendencia á hacer la trayectoria ascendente tiene además la condición de facilitar la salida.

Centro de gravedad respecto á la sustentación.—El centro de esfuerzos sustentadores, debe naturalmente coincidir con la vertical que pasa por el centro de gravedad primeramente en la posición de marcha horizontal, y luego haciendo hipótesis en las varias posiciones de marcha y velocidades que pueden ser necesarias. Tanto longitudinal como transversalmente deben también hacerse varios tanteos para comprobar como se cumple la ley ó regla metacéntrica del equilibrio estable, buscando tener un buen límite de oscilación fácil y los límites convenientes de estabilidad automática, dentro de las mayores diferencias de velocidad posibles.

La coincidencia en altura del centro de gravedad con el centro de sustentación no es conveniente, pues conduce á una situación como de equilibrio indiferente y en consecuencia al tangaje continuo, debe estar más bajo ó más alto, con tal que se cumpla la regla del metacentro: el brazo de estabilidad en la posición normal no debe ser muy grande, dependerá del

peso, dimensiones y densidad másica del aparato pero debe procurarse que las oscilaciones sean lentas y de poca amplitud dentro de los límites convenientes, pero no violentas que sería el resultado de un exceso de estabilización.

Reparto del peso.—Es conveniente aún para lograr el efecto últimamente apuntado, la mayor dispersión del peso de los elementos del aparato, como la mayor uniformidad en su distribución, al objeto también de que siempre haya la mayor masa opuesta á las fuerzas perturbadoras, en cualquier sentido y sobre todo longitudinalmente.

Al cargar un aparato antes de la salida, deberá tenerse en cuenta en la colocación de pasajeros y carga, no alterar la situación del centro de gravedad; el cuidado que se tiene en la estiva al cargar un buque, cuidado que en la navegación aérea será aún de mayor importancia. Los depósitos de combustible también estarán dispuestos de modo que la disminución de peso que el consumo produzca, no altere la posición del centro de gravedad, como tampoco el vaivén del mismo en caso de ser líquido.

En los aparatos de guerra donde convenga por ejemplo dejar caer proyectiles, tripulantes que deban moverse, hacer disparos, etc., se procurará naturalmente hacer todas estas operaciones lo más cerca posible del centro de gravedad del aparato, con objeto de no producir perturbaciones en el equilibrio.

Disimetrías.—Los navíos aéreos se construirán siempre lo más simétricos posible, pero pueden presentarse frecuentes casos de disimetrías inevitables; estas deberán compensarse por los medios posibles tanto las de pesos ó cargas como las de resistencia á la marcha, que si provienen de construcción se compensarán ya, con la colocación de los propulsores. Si hay una sola hélice esto produce una disimetría por el esfuerzo de giro en sentido contrario que resulta del esfuerzo motor: este esfuerzo fácilmente calculable puede compensarse, bien con la colocación de pesos, bien descentrando la colocación del

eje motor, es decir haciendo el aparato asimétrico, compensando lo posible en este caso la diferencia que resulta también de un lado á otro para la resistencia á la marcha.

Compensación equilibradora.—En los aparatos de una superficie ó grupo único principal de superficies portantes, es conveniente una superficie equilibradora en sentido de trayectoria, que produzca un momento que limite las oscilaciones y les de suavidad: debe sin embargo ser de dimensiones moderadas, pues su efecto es también estabilizador en una trayectoria peligrosa que accidentalmente hubiera tomado el aparato. (Wright la suprimió por completo).

Timón de profundidad.—Es preciso una superficie móvil que determine la posición de marcha deseada y pueda rectificar la posición de la misma: debe estudiarse su efecto componiéndolo con el sustentador principal, pues ordinariamente es órgano sustentador, que rectifica también por un esfuerzo variable la posición de la resultante total de sustentación. Debe ser órgano sólido, potente y maniobrado por mecanismo seguro y sensible y en el cual, como en todas las maniobras debería prescribirse el tiraje por cuerdas ó alambres.

Velamen.—Vela cóncava de curvatura adecuada á la velocidad calculada, de una curva seguida sin ondulaciones, de borde de ataque rígido, liso y afilado, atacando el aire tangencialmente, borde posterior generalmente flexible: forma recta transversalmente, la forma de V no tiene ventaja alguna.

Envergadura grande, pues es factor de estabilidad lateral propia.

Estabilidad.—Conviene la estabilidad lo más automática posible lograda, sea por la forma, sea por medios dinámicos. Conviene facilidad de inclinación en los virajes dentro de los límites prudenciales.

Efecto del viento lateral.—El aparato debe presentar poca superficie lateralmente y la resultante de los esfuerzos que el viento pueda producir en este sentido, debe procurarse esté sin exageración por atrás del centro de gravedad, para lograr

buena estabilidad de ruta y á la misma altura que éste, para que el efecto de dicho viento no turbe el equilibrio lateral.

Condiciones generales.—Debe sacrificarse el peso á la solidez; los esfuerzos que pueden producirse en el aire son muy grandes, y por lo tanto, los aparatos deben ser sólidos; las maniobras deben tener también solidez exajerada y las disposiciones de aterrisaje deben estar de modo que el aparato, al tocar tierra, se coloque en buena posición y no bascule pudiendo romper la hélice ó hacer caer al aviador. La mayoría de las desgracias ocurridas hasta la fecha han provenido exclusivamente de falta de solidez del aparato ó de alguno de los detalles del mismo. La solidez del conjunto que puede ir unida á cierta flexibilidad general, es una gran defensa para el cuerpo de los tripulantes en caso de una caída inevitable desgraciada, además de ser muy conveniente para ahorrar averías á los debutantes. La ligereza extremada no es necesaria al vuelo y es contraria á la buena estabilidad. Buscar la ligereza en la buena elección de materiales y en los artificios constructivos. Tener en cuenta los efectos que la intemperie podrá producir sobre los aparatos.

La hélice aérea.—La importancia que la hélice tiene en la aviación es mucho mayor de lo que se cree generalmente. La hélice es la parte vital del aparato y de ella depende principalmente la buena marcha y la buena utilización de la potencia del motor.

Así, pues, los aviadores que tanto se preocupan de encontrar excelentes motores ligeros que sostengan su potencia con regularidad durante horas, que no trepiden, etc., deben igualmente proveerse de excelentes hélices de poco peso, bien equilibradas, y que no desperdicien en pura pérdida parte de los HP * adquiridos á costa de dinero y de peso.

Con frecuencia se habla mal de las hélices aéreas y se proponen muchos reemplazarlas por propulsores diversos de movimiento alternativo ú otros; prácticamente nada ha preva-

* H. P.= Horse Power.

lecido ni ha dado resultados que siquiera pudiera indicar la esperanza de un camino mejor. De la misma manera que no hemos visto ningún carruaje con piernas ni ningún animal con ruedas, dudo veamos otro medio de propulsión que el rotativo continuo que la hélice nos da sobre todo con acoplamiento directo, y ya que rotativa es la energía de que disponemos; si no otra cosa, la sencillez habría de conservarle la superioridad.

En poco tiempo la tenacidad de los experimentadores y de los técnicos ha logrado mejorar de tal manera el rendimiento de la hélice aérea que hoy puede afirmarse que es un transformador de energía ideal por su sencillez y perfecto por su rendimiento propio absoluto que alcanza y aún llega á pasar de 97 por 100. Estos resultados han hecho disminuir la ventaja de la demultiplicación, pues si bien es innegable que la hélice teóricamente debe dar mayor rendimiento cuanto más grande sea y menor velocidad lleve, la construcción que por una parte limita las dimensiones, y la pérdida y otros inconvenientes debidos á una transmisión, hacen que la ventaja antes dicha sea menor á medida que el rendimiento total mejora, y de aquí que gane terreno todos los días el acoplamiento directo.

Mucho ha contribuído á ello la generosidad del Sr. Deustch de la Meurthe, gracias á quien, el laboratorio de la Escuela de Artes y Oficios de París, posee un magnífico aparato de ensayo á punto fijo, con el cual se ensaya con precisión el rendimiento orgánico de las hélices, ó sea la relación entre la energía que se transmite al eje de la hélice ensayada y la potencia del flujo de aire repelido por la misma la cual es igual al empuje constante que hace dicha hélice sobre el banco, multiplicada por el flujo de aire impelido, fácil de calcular midiendo su velocidad media con un anemómetro.

Aunque el ensayo de la hélice sobre el banco parezca insuficiente, es indudable que la mejor hélice en el banco será mejor en movimiento, pues no creo probable una inversión de condiciones, y no puede negarse el auxilio que dicho ensayo

ha traído para llegar á que la hélice aquella que tuvo en el banco 97 por 100 de *rendimiento orgánico* tenga 80 á 85 por 100 de utilización real ó *rendimiento propulsivo* como han demostrado las experiencias sobre el aparato de Blériot. No puede, pues, hoy negarse que la hélice aérea sobrepuja en rendimiento á la mayoría de los órganos mecánicos conocidos en las diversas ramas de la industria.

Es preciso hacer notar, para explicar ciertas prevenciones, que esta notable utilización comprobada sobre todo por la hélice del dirigible "Bayard-Clément," no se obtiene sin dificultades ni investigaciones preliminares largas y certeras. La determinación de la anchura de las palas y de su espesor, de las diferentes curvaturas y variaciones de paso necesarios por los diferentes retrocesos, la elección de un buen diámetro y el perfil mismo de las aristas de entrada y salida tienen la mayor importancia.

En ensayos dinamométricos en marcha se ha comprobado más de una vez que una variación de 5 por 100 en diversas dimensiones ha sido suficiente para provocar una pérdida de más de 60 por 100 en el rendimiento.

La determinación teórica de estos diversos elementos no es la sola dificultad á vencer; prácticamente es preciso que la hélice posea una resistencia y elasticidad muy grandes.

Es preciso que sea ligera y esté perfectamente centrada y equilibrada, que no se deforme, que no vibre por los efectos de la fuerza centrífuga ó por el choque ó roce del aire en las palas, ni por los choques debidos á un mal equilibrio del motor, por sus explosiones demasiado violentas, ó por insuficiencia de volante ó aún por los imprevistos de la salida ó del aterrisaje.

Sólo ciertas maderas, por su gran ligereza, por su resistencia siempre igual y su gran elasticidad reúnen bien las condiciones necesarias, después de la adecuada preparación, para fabricar hélices que lleguen al grado de perfección de que antes hemos hablado.

Los ensayos han demostrado que llegando á cierta velocidad, los efectos de las palas se alcanzan y no tiene ventaja alguna el que la hélice tenga más de dos; la hélice de madera bien construída es de más rendimiento, más fácil de equilibrar exactamente, más ligera y tiene mayor resistencia.

Muchos constructores calculan el rendimiento de la hélice para el máximo de potencia del motor al punto fijo, lo cual es un error que hace que en marcha no pueda resultar un rendimiento mayor de 65 0/0; por esto algún aviador que ha procedido de otro modo ha llegado á obtener 85 0/0 con hélice acoplada directamente y diámetros no muy grandes.

Si bien Ferber, Arnoux y otros han establecido la relación que existe entre el funcionamiento al punto fijo y en movimiento, todos los constructores y los técnicos están de acuerdo en la necesidad de ensayarlo prácticamente durante la marcha.

Este punto es tanto más importante porque el rendimiento utilitario final ó propulsivo de la hélice depende de la resistencia del aparato propulsado; obtenido el mayor rendimiento orgánico que pueda pedirse, el rendimiento final dependerá en su mayor parte de la adaptación ó técnicamente de la relación entre el disco resistente y la superficie ficticia de la hélice, que es el disco motor.

No es fácil afirmar si conviene más la hélice delante ó detrás del aparato, pues si bien delante pierde esfuerzo de tracción por la pantalla que las velas presentan, en cambio el mismo flujo de aire proyectado sobre ellas aumenta la sustentación haciendo que el aparato marche con menos ángulo de ataque por lo tanto necesite también menor tracción (en el aparato XII de Blériot esto resulta quizás beneficioso); la hélice detrás utiliza mejor su esfuerzo propulsor, pero la colocación es menos fácil que delante, estando con frecuencia limitadas sus dimensiones por el armazón del aparato. Además el accidente de Lefevre, muerto quizás por aspirarle la hélice, y el de Ferber por caerle el motor encima, parece aconsejar hoy por hoy hélice y motor delante, mientras razones técnicas ó constructivas poderosas no demuestren la conveniencia de lo contrario.

La línea geométrica llamada hélice (fig. 66), es la curva descrita por un punto A que gira alrededor de la superficie

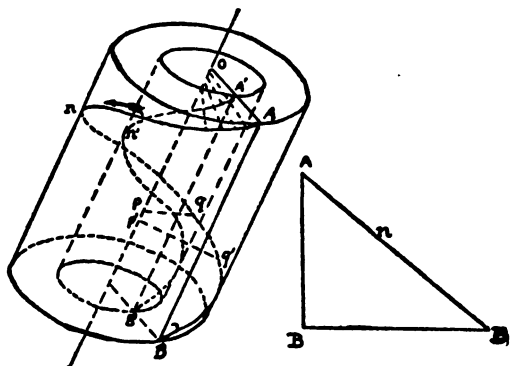


Fig. 66.

de un cilindro de sección circular, adelantando á lo largo de las generatrices, cantidades proporcionales á los arcos descritos.

Si el punto gira alrededor del cilindro en el sentido de las agujas de un reloj para adelantar según las generatrices se llama hélice á la derecha y cuando es en sentido contrario á la izquierda.

Cuando el punto ha dado la vuelta completa al cilindro y por lo tanto, se encuentra de nuevo sobre la misma generatriz de donde salió B, ha avanzado sobre el cilindro de cierta cantidad AB la cual es lo que se llama *paso* de la hélice.

Por lo tanto para determinar la curva llamada hélice necesitamos tres elementos, el diámetro del cilindro, el paso, y el sentido de rotación.

Si tomamos el cilindro sobre el cual, el punto trazó la hélice, y abriéndolo por una generatriz aplicamos la superficie sobre un plano, veremos que la hélice se nos convierte en una recta A B diagonal de un triángulo rectángulo cuyos catetos son, la circunferencia del cilindro desarrollada BB y el paso AB.

Si imaginamos una recta OA desde el punto generador de

la curva hélice perpendicular al eje del cilindro y suponemos que dicha recta va moviéndose apoyándose en la hélice y conservando su perpendicularidad con el eje, dicha recta engendrará una superficie que se llama *superficie helizoidal de generatriz perpendicular al eje*, que será á la derecha cuando la hélice sea á la derecha y á la izquierda en caso contrario.

Si suponemos esta superficie cortada por un cilindro que tenga el mismo eje que el primero, pero de menor diámetro, la intersección será una hélice del mismo paso que la primera A' n' B' pero que tendrá mucha mayor inclinación, la cual será tanto mayor cuanto menor sea el diámetro de este segundo cilindro, de modo que en el límite se confundirá con el eje del mismo cilindro.

Si suponemos la superficie helizoidal cortada por dos planos perpendiculares al eje, distanciados de una cantidad menor que el paso PP', cortaran á la superficie según dos rectas, la parte comprendida entre ellas Pq P'q' se llama *fracción de paso* y es la que determina una pala de hélice, las dos rectas de intersección se llaman *aristas de entrada y de salida*.

Dicha pala será á *fracción de paso constante*, pero podríamos cortar por otra superficie ó por planos no normales al eje, entonces la pala estaría limitada por otras líneas y sería de *fracción de paso variable*.

Prácticamente se entiende por fracción de paso de una hélice la relación entre su superficie proyectada sobre un plano perpendicular al eje y el círculo circunscrito á dicha proyección.

Podemos constituir una hélice con dos, tres, cuatro ó más palas, debemos fijarla á un eje con un núcleo de resistencia adecuada sobre el cual terminarán las palas y debemos también dar á las palas cierto espesor según la materia que las forme, lo cual indica como determinar la superficie que ataca el aire que se llama *cara de la pala* y la superficie opuesta que se llama *espalda de la pala*.

Hemos supuesto la superficie hecha por la directriz *hélice* y

una generatriz recta perpendicular al eje, pero puede ser también hecha por generatriz inclinada moviéndose tocando al eje, como podría serlo tocando á otra hélice concéntrica y en todas estas formas podría dicha generatriz también ser curva.

Del mismo modo podría la directriz hélice no ser regular sino ser irregular con una ley cualquiera, como engendrar superficies cuyas secciones por cilindros concéntricos no dieran hélices del mismo paso, de lo cual nos resultarían los tipos de *hélices de paso variable* creciente ó decreciente del centro á la periferie que es á lo que las experiencias han ido conduciendo para lograr los mejores rendimientos que hoy se han llegado á obtener.

Los elementos que caracterizan la hélice serán pues además del diámetro del eje y núcleo según la materia que la deba formar.

La forma de la generatriz;

El sentido de rotación;

El diámetro exterior que designaremos por D ;

El paso que designaremos por P ;

La fracción de paso por p ;

El número de palas a ;

Y el espesor de las mismas por e .

Tal como hemos determinado la generación de la hélice, resulta que una hélice á la derecha deberá dar vueltas á la derecha para avanzar y á la izquierda para retroceder, del mismo modo que una á la izquierda avanzará girando á la izquierda y retrocederá si gira á la derecha. Una hélice es asimilable á un tornillo que va penetrando en su rosca; si el aire se comportara como sólido, la hélice á cada vuelta avanzaría de una cantidad igual á su paso P , pero no sucede así sino que por razón de la fluidez del aire, resulta que avanza solamente de una cantidad A menor que el paso; la diferencia $P-A$ es lo que se llama *retroceso absoluto*. La relación $P-A$ y P es lo que se llama *retroceso relativo* y es

$$r = \frac{P-A}{P} = 1 - \frac{A}{P}$$

de modo que el retroceso relativo es igual á la unidad menos el cociente del avance por el paso. En lugar de P se puede considerar una fracción de paso p : en cuyo caso se tendría un

avance correspondiente A' que sería entonces $\frac{A'}{p} = \frac{A}{P}$.

El retroceso es necesario, pues para que la hélice tome apoyo en el aire es preciso que comprima las moléculas que tienen contacto con la cara de trabajo, de aquí un axioma relativo á las hélices que *sin retroceso no hay avance*.

Si la hélice da N vueltas por minuto en este tiempo avanzará de $N \times A$ y siendo V la velocidad en metros que corre por segundo tendremos que

$$N A = 60 V$$

de donde $V = \frac{N A}{60}$ que es el valor de la velocidad en

función del avance por vuelta.

La hélice deberá arrastrar un aparato que para moverse en el aire con una velocidad V sufrirá una resistencia R que se evalúa en kilogramos, por lo tanto para marchar con dicha velocidad necesitará realizarse un trabajo resistente ó útil $T_u = R \cdot V$ que será el trabajo de propulsión que deberá realizar la hélice á expensas de un trabajo motor T_m imprimido á su eje, forzosamente mayor que aquél. La relación entre el trabajo útil y el trabajo motor es lo que se llama rendimiento

$$\frac{T_u}{T_m} = \rho$$

el cual es tanto mayor cuanto ρ se acerque más á la unidad.

En resumen tendremos:

$$R V = T_u - \rho T_m.$$

CÁLCULO DEL MEJOR RENDIMIENTO PROPULSIVO SEGÚN R. ARNOUX.

Considerando que en el ensayo al punto fijo no se tiene más que un empuje estático, trató de buscar el empuje dinámico de la hélice en marcha moviéndose en el aire, con una velocidad igual á la del aparato; consideró que era igual para averiguar la ley, que fuera la hélice que avanzara en el aire, ó que llegara contra la hélice una corriente de aire de igual velocidad que la velocidad de traslación que tendría la hélice.

Basándose en esta consideración M. René Arnoux, buscó experimentalmente la ley del empuje dinámico por medio de un ventilador eléctrico accionado por acumuladores. La velocidad era mantenida constante por un interruptor á fuerza centrífuga, montado sobre el mismo eje: la acción directa del aire sobre el ventilador en reposo, colocado al extremo de un resorte formando dinamómetro de torsión, estaba compensada en relación á este eje por una superficie sensiblemente igual movable al otro extremo del resorte dinamométrico para obtener un equilibrio perfecto. En estas condiciones, experimentado al aire libre y con velocidades de viento que variaron de 0 á 3'30 metros por segundo, M. Arnoux encontró que el empuje de la hélice era una *función decreciente y sensiblemente lineal* de la velocidad del viento pegando contra el dorso de sus palas, y que este empuje se anulaba cuando la velocidad del viento era de 2'80 m. por segundo, velocidad igual á la que tendría la hélice ensayada, roscando el aire supuesto sólido con el avance correspondiente á su paso, es decir, sin retroceso.

Esta ley puede parecer paradójal si se recuerda que el empuje crece con el cuadrado de la velocidad circunferencial, pero reflexionando bien y recordando el principio fundamental de mecánica, de la proporcionalidad de las fuerzas á las ace-

leraciones, no cuesta mucho convencerse y demostrar que esta ley es de primer grado, como indica la experiencia.

En efecto, designando por m la masa de aire en que se apoya la hélice, v su velocidad á la entrada de las palas, V á la salida

y $\frac{dv}{dt}$ la aceleración que recibe á cada instante la masa de aire

m , tenemos:

$$F dt = m dv \quad (1)$$

integrando:

$$\int F dt = m (V - v) \quad (2)$$

observando que en régimen uniforme y permanente, la reacción del aire y por consiguiente el esfuerzo de propulsión F es constante, la integral del primer miembro se reduce á Ft , t designando el tiempo que tarda la masa m para pasar del borde de entrada al borde de salida, la ecuación se convierte en:

$$F = \frac{m}{t} (V - v) \quad (3),$$

como $\frac{m}{t}$ no es otra cosa que el chorro constante en régimen uniforme con que la hélice empuja el aire, se ve que esta última ecuación es la de una recta inclinada como daba la experiencia del ventilador. De ella resulta, que el empuje F es máximo cuando la velocidad de entrada del fluido en el propulsor es nula, y que este empuje se anula cuando V es igual á v . Es una ley general de mecánica que resulta regir en las hélices de mar, molinos de viento, ruedas hidráulicas, turbinas, motores de vapor ó gas. M. Arnoux lo ha comprobado aún en el hombre pedaleando sobre la bicicleta, determinando directamente por la experiencia, que el esfuerzo decrece en la proporción que aumenta la frecuencia del golpe de pedal.

Partiendo de la ley de la disminución del esfuerzo de pro-

pulsión de la hélice, en función de su velocidad de traslación dentro de un fluido, es fácil determinar la de la potencia útil de propulsión T_u , la cual, siendo igual al producto del empuje F por la velocidad V de la hélice respecto al aire (ó velocidad de entrada), tenemos:

$$T_u = F v = \frac{m}{t} (V-v) v \quad (4),$$

ecuación de una parábola de 2.º grado, cuyo trazado tendremos multiplicando la abscisa V por la ordenada F correspondiente á la recta de la ecuación (3). Este producto pasa por un máximo correspondiente á la cúspide de la parábola, ó sea

para un valor de v igual á $\frac{V}{2}$ de modo que la potencia propulsiva útil de una hélice es máxima, cuando su velocidad de traslación es igual á la $\frac{1}{2}$ de la velocidad V del aire empujado por ella y se anula para $V=0$ como para $v=V$.

La potencia desarrollada por el motor T_m es evidentemente igual al producto del empuje por la velocidad V de salida del aire.

Tenemos, pues, que:

$$T_m = \frac{m}{t} (V-v) V \quad (5)$$

es la ecuación de otra recta. El máximo es como se ve al punto fijo $(V-0)$ y vale, por lo tanto, $\frac{m V^2}{t}$ esto es, el doble de la energía cinética $\frac{m V^2}{2}$ comunicada al aire, dividida por el tiempo t que necesitado la hélice para comunicársela.

Tenemos el trabajo útil T_u y el total T_m ; podemos encontrar el *rendimiento propulsivo* R_p dividiéndolos.

$$R_p = \frac{T_u}{T_m} = \frac{\frac{m}{t} (V-v) v}{\frac{m}{t} (V-v) V} = \frac{v}{V} \quad (6)$$

es otra ecuación de una recta que partirá de 0 y tendrá un coeficiente angular de $1/V$. Vemos, pues, que este rendimiento propulsivo no puede ser igual á la unidad más cuando el empuje, la potencia útil y la potencia total de propulsión tienden hacia 0, es decir, adquieren valores sin utilidad práctica.

En las citadas condiciones, y ya que los máximos de estas cantidades sólo pueden tener lugar con los tres valores diferentes de, 0, $\frac{V}{2}$ y V de la velocidad v de traslación, podemos determinar para que valor de v , el producto de la potencia propulsiva, por el rendimiento propulsivo

$$R_p \times T_u = \frac{m}{t} (V-v) \frac{v^3}{V} = \frac{m v^3}{t} \left(1 - \frac{v}{V}\right),$$

pasa por un máximo. El cálculo hace ver inmediatamente que este máximo se obtiene por $v = \frac{2}{3} V$. En este caso el empuje y la potencia total que acciona la hélice, se reducen al tercio de su valor al punto fijo, la potencia á $8/9$ de su valor máximo y el rendimiento es igual á $2/3$ ó sea 67 por 100.

Se ve que lo que regula el rendimiento propulsivo es la resistencia á la traslación del aparato propulsado.

Muchos constructores calculan la hélice para absorber al punto fijo el máximo de potencia del motor: pero es sabido que la reacción del aire sobre las palas disminuye á medida que aumenta la velocidad de traslación, resulta que el par resistente opuesto al motor también disminuye, la velocidad angular del motor aumenta llegando á pasar de la que corresponde al máximo de potencia puede alcanzar valores capaces de ocasionar una rotura. El constructor, en consecuencia, al colocar una hélice en un aparato, debe preocuparse menos de pasar de rendimientos de 67 0/0 que reducirían la potencia útil, que de proporcionar bien las dimensiones de la hélice á las del

aparato propulsado y de reducir las resistencias opuestas por éste á la traslación, de modo que la velocidad de régimen del aeroplano sea aproximadamente los $\frac{2}{3}$ de la que podía imprimirle su órgano propulsor.

Conviene en consecuencia que el paso y demás dimensiones de la hélice, y por lo tanto la relación de las velocidades angulares, estén de tal manera que el motor pueda desarrollar su potencia máxima, no al punto fijo, sino á la velocidad de régimen del aeroplano.

Evidentemente, es muy difícil indicar á qué régimen de velocidad y, por lo tanto de potencia del motor, debe marchar la hélice al punto fijo, pero reglando sus dimensiones para que reduzca la velocidad del motor á los $\frac{2}{3}$ de la correspondiente á su potencia máxima se tendrá una primera base aproximada de un buen reglaje.

En lo que se refiere á dimensiones absolutas, es siempre ventajoso el empleo de grandes diámetros apoyándose en el aire por grandes superficies de pala, lo cual es fácil de hacer resaltar. En efecto, cuando el aparato propulsado por la hélice se mueve á una velocidad de régimen v , empuja una masa de aire M hacia adelante comunicándole en un tiempo t una cantidad de movimiento Mv y una energía cinética $\frac{1}{2} Mv^2$. Al mismo tiempo la hélice empuja hacia atrás una masa de aire generalmente más pequeña m á la cual imprime una velocidad V mucho mayor, la cual, en virtud del principio de que la reacción es igual á la acción ya que se supone un movimiento de régimen uniforme, y constante el empuje F de la hélice, deberá verificarse la igualdad de las cantidades de movimiento

$$M v = F t = m V$$

A estas cantidades de movimiento corresponden otras de energía cinética $\frac{1}{2} M v^2$ y $\frac{1}{2} m V^2$ las cuales difieren tanto más una de otra, cuanto la masa de aire m sobre la cual se apoya la hélice, es más pequeña comparada con la masa de aire

M empujada por el aparato. Así es fácil comprender que la energía cinética comunicada al aire, y por consiguiente, la potencia mecánica necesaria para comunicársela es $\frac{V}{v}$ ó $\frac{M}{m}$ veces más grande que la estrictamente necesaria para la propulsión del aeroplano. Queda así puesta en evidencia la ventaja de las hélices de gran diámetro girando lentamente y también la conveniencia de proporcionar el disco motor de la hélice al disco resistente que representa el aeroplano.

. Descripción de biplanos.—El aparato Wright es el más sencillo como constitución de velamen, componiéndose esencialmente de un biplano con un timón de profundidad delante y un timón de dirección posterior. De la parte anterior del biplano sale un armazón en forma de trineo que sostiene delante el timón de profundidad y su forma de patín es apropiado para un aterrisaje fácil y sin averías. De la parte posterior del biplano salen dos perchas atirantadas que sostienen el timón de dirección, figura 67.

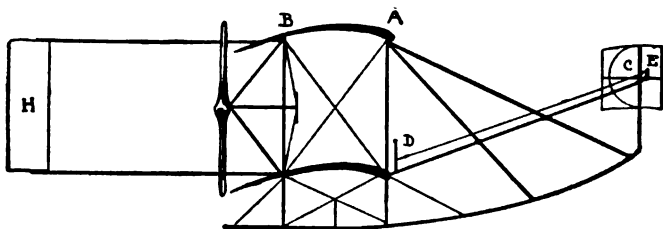


Fig. 67.

La longitud total del aparato es de cerca 10 metros, por 12,50 de anchura: las velas del biplano tienen 12,50 de ancho por 2 metros de profundidad y están formadas por dos largueros, de los cuales el delantero A tiene 32×45 milímetros de sección y el posterior B tiene 46×31 milímetros: estos largueros están formados cada uno por tres trozos, uno central de 4^m80 de longitud y dos laterales de 3^m85, de modo que el biplano está dividido en tres partes unidas por ensambla-

duras y reforzadas por el atirantado. Los dos largueros están unidos en los extremos por dos piezas algo más delgadas, formando un bastidor de forma ligeramente ovalada, fig. 194,* sobre cuyo bastidor se apoyan las costillas en número de 32, de las cuales 7 son macizas, de unos 3 centímetros de grueso con la forma de la curvatura y espesor de la vela, y las veinticinco restantes están formadas cada una por dos listones de 12×7 milímetros arriostrados entre sí con taquillos dando la forma y adelgazados en la parte posterior, en donde los une entre sí un alambre de acero que arranca del bastidor en cada lado y pasa por las puntas de todas las costillas que tienen allí cierta flexibilidad.

Este esqueleto está cubierto por dos telas simplemente clavadas en el larguero de delante y en los lados, y cosidas con el alambre en la parte posterior. La tela inferior, además, está sujeta a los listones inferiores de las costillas por medio de presillas flojas que la sotengan con la curvatura inferior: al marchar el aparato ella misma se adapta a la forma y la superior está libre, pues la tirantez simplemente la adapta a la convexidad. Las telas están colocadas diagonalmente con objeto de repartir mejor la fatiga de los hilos y evitar la formación de bolsas al alabear las puntas, según hemos descrito, al hablar de la estabilidad lateral. A este efecto, la parte extrema posterior del bastidor está adelgazada para que tenga la flexibilidad suficiente. El bastidor está interiormente arriostrado con tirantes diagonales de acero para darle rigidez en el sentido de la marcha. Los tirantes del aparato son de cuerda de piano de 2, $2\frac{1}{2}$ y 3 milímetros de diámetro.

Las dos velas del biplano, están mantenidas a una distancia vertical de 1,80 m., por medio de 18 montantes de fresno de sección ovalada: los diez centrales tienen 35×60 milímetros de sección en el centro y 25×30 en los extremos, y los ocho laterales 30×50 en el centro y 18×25 milímetros en los ex-

* Not reproduced.

tremos. Los montantes centrales están rígidamente unidos al biplano, pero los laterales están unidos á los largueros de las velas por medio de una especie de articulación, formada por un simple pitón que pasa por una anilla del montante, del cual no puede salir gracias á una clavija abierta; la figura 194 * hace ver esta unión, como también la construcción de la vela que acabamos de explicar. Los montantes están más distanciados á los lados del biplano que en el centro.

La vela inferior queda montada unos 45 centímetros encima los patines, cuya extremidad anterior está curvada hacia arriba para sostener el timón de profundidad constituido por dos superficies de 4,50 m. de envergadura y 0,75 m. de profundidad, ó sea, teniendo en cuenta el redondeado de los lados, una octava parte de la superficie del biplano, del cual está separado unos tres metros.

En los montantes verticales que soportan el timón de profundidad, hay dos pequeñas superficies semicirculares C, que sirven de planos de deriva para encebar los virajes y compensan para los esfuerzos laterales la superficie del timón de dirección (estas superficies no existían en el primer aparato).

Una palanca gobierna la orientación de las dos velas del timón de profundidad, las cuales, en su posición normal, están casi planas, pero que se curvan fuertemente por medio de la palanca D (fig. 67). Cuando el piloto quiere levantar el aparato de delante, tira hacia sí con la palanca E, cuyos brazos desiguales hacen que la parte de delante se levante poco, mientras la parte posterior, fuertemente bajada, curva las superficies con la concavidad hacia abajo, logrando un efecto muy eficaz. Cuando al contrario tira la palanca hacia adelante, se produce la curvatura de las superficies con la concavidad hacia arriba; es la maniobra para salvar una encabritada y la posición de salida para apoyar el aparato sobre el rail de lanzamiento. No puede negarse que los Wright, que imaginaron este timón de profundidad para gobernar el equilibrio

* Not reproduced.

longitudinal, le dieron una disposición bien concebida desde el primer aparato.

El timón de dirección H está situado en la parte posterior á 2'50 metros del biplano y está simplemente sostenido por dos perchas atirantadas desde un extremo al mismo biplano. Lo forman dos planos verticales solidarios, colocados á 0'50 uno de otro: tienen la altura del biplano y una profundidad de 0'60.

El aparato no tiene superficie alguna horizontal de cola, pues habiéndola colocado en sus primeros aparatos, la fueron reduciendo hasta suprimirla.

El aviador está sentado á un lado del plano de simetría del aparato y tiene á la mano dos palancas, una D que gobierna el timón de profundidad y la segunda que maniobra la dirección y el equilibrio lateral tal como hemos descrito en el capítulo correspondiente, por lo cual no repetiremos la explicación del alabeamiento.

El motor está colocado un poco á la derecha del plano de simetría del aparato, para compensar el peso del aviador, y está fijado sobre la vela inferior del biplano. Es un motor á bencina de cuatro cilindros de 108 mm. de alesage por 100 de carrera, de modo que puede desarrollar 30 caballos á 1400 vueltas por minuto; no tiene válvulas y puede decirse que tampoco lleva carburador, propiamente dicho, sino una bomba que inyecta la bencina en los cilindros. Tiene circulación de agua, con la envolvente de los cilindros de aluminio y el radiador está formado por tubos de cobre aplastados. Pesa unos 90 kilos, sean 3 kilos por caballo y si bien da un buen funcionamiento no parece poseer ninguna superioridad sobre los buenos motores de automóvil.

Como hemos dicho el motor y el piloto se equilibran y cuando se quiere llevar un pasajero, esté se coloca en un asiento situado en el plano de simetría del aparato. El centro de gravedad del aeroplano está á unos 10 centímetros del borde de ataque, lo cual demuestra que el timón de profundidad carga fuerte-

mente: el pasajero añadido resulta también colocado cerca del centro de gravedad y delante del depósito de bencina que está también en el centro.

El aparato está propulsado por dos hélices de 2'60 m. de diámetro girando en sentido contrario á unas 400 vueltas por minuto. El movimiento se les transmite por cadenas metidas dentro de tubos, directamente desde el eje del motor, de modo que hay una cadena cruzada, verdadero atrevimiento mecánico de los Wright, cuyo buen resultado me parece muy discutible sobre todo á la larga.

Todo el aparato pesa 400 kg. sin piloto y gracias á los patines la toma de tierra es muy buena; los Wright suelen bajar en vuelo planeado parando el motor, el aparato llega al suelo parándose casi instantáneamente sin sacudida y sin que los patines se claven apenas aún en terrenos bastante blandos.

Para la salida se coloca la máquina sobre una especie de carro, constituido por un travesaño que soporta los dos patines; este travesaño lleva al centro dos ruedas una tras otra, según el eje del aparato, permitiendo á este correr á lo largo de un carril de madera con un pasamano de hierro encima, formado á trozos para su fácil desmontaje y fijado al suelo con estacas. La parte anterior del aparato se apoya ligeramente sobre el carril por medio de un tercer rodillo fijo á una barra transversal que une la parte delantera de los dos patines.

La salida la provoca la caída de un peso de 700 kilos subido á lo alto de un pilón de 6 metros de altura que da una caída útil de 5 metros. Delante del pilón está el carril antes citado que tiene unos 20 metros de longitud y se suele orientar de cara al viento. Un cable sostiene el peso con un polipastro y pasa luego por una polea al pie del pilón junto al carril, sigue á lo largo de éste y pasando por una segunda polea colocada delante el carril, vuelve hacia atrás para tirar del carro en el momento en que se deje libre éste. Como el aparato tendría una tendencia á salir, antes de que las hélices tengan

su velocidad de régimen, hay un amarre al extremo del rail con un trinquete el cual suelta el aviador en el momento que juzga oportuno.

Una vez todo preparado, dos hombres dando vueltas simultáneamente á las dos hélices, ponen en marcha el motor y cuando el aviador juzga oportuno suelta el trinquete con lo cual, gracias al tirage producido por la caída del peso y al empuje de las hélices, el aparato toma rápidamente su velocidad de régimen. El aviador al soltar tiene el timón de profundidad curvado hacia arriba, para que el aparato no se separe del carro antes de tiempo, pero antes de llegar al extremo del carril, lleva la palanca de dicho timón fuertemente hacia atrás con lo cual el aparato por la velocidad adquirida da como un salto: inmediatamente el piloto coloca el timón de profundidad en la posición de vuelo horizontal, ó ligeramente ascendente tomando en seguida el aparato su velocidad de vuelo.

Puede suprimirse el pilón y el peso colocando 40 á 50 metros de carril ó bien si el terreno es apropósito colocándolo en pendiente, pero entonces conviene que en el momento de la salida un hombre acompañe el aparato mientras pueda, para guardar el equilibrio transversal mientras el aparato va todavía con poca velocidad para estabilizarse por si mismo.

Ultimamente se han construído algunos aparatos de este tipo con ruedas de lanzamiento adheridas á los patines los cuales ceden ó se levantan al tomar tierra el aparato.

XVIII

SUBMARINOS *

La mejor prueba del valor militar que en la actualidad se concede á los barcos submarinos, considerados como armas de combate, está en la general adopción que de ellos han hecho todas las naciones.

Atentos los Estados marítimos á los grandes progresos logrados en la construcción de sumergibles, especialmente de cuatro años á esta parte, han construído y construyen sin cesar numerosos ejemplares para reforzar y completar su poder naval defensivo, por considerar el problema relativo al torpedero sumergible, fuera ya del estado experimental en que se encontraba. Hay que advertir que no se pretende con esta afirmación dejar sentado que en los modernos barcos submarinos se encuentran resueltos de modo completo y satisfactorio todos los difíciles problemas que integran su perfecto funcionamiento. La característica de todas ó casi todas las aplicaciones científicas, es ser susceptibles de adelanto y perfeccionamiento y es raro encontrar alguna de la cual pueda decirse se haya dado en ella el paso extremo ó definitivo.

Los últimos más perfeccionados modelos de torpederos sumergibles, navegando en completa inmersión siguen sin ver por donde van y sólo les guía su orientación; sus velocidades, tanto en la superficie como sumergido, son todavía pequeñas y se tropieza para aumentarlas con grandes dificultades que provienen de los crecidos desplazamientos en sumersión, de

* De "Los Modernos Barcos Submarinos," por Enrique de Montero y de Torres, Madrid.

las grandes presiones, de doble agente que para su propulsión se emplea y de ciertas dificultades derivadas del antagonismo creado por determinadas condiciones de su técnica especial, como en el curso de este ligero estudio veremos.

La estabilidad longitudinal de estos barcos, aunque es indudablemente mayor que la de los antiguos modelos, es pequeña en todo submarino.

Además, no existe todavía un motor único que mueva el barco en las dos situaciones, á flote y sumergido, y es necesario un agente motor distinto y apropiado á cada una, y si á todas estas deficiencias se agregan los constantes peligros á que le expone la presión del elemento hostil que le rodea y que ocasiona el progresivo estudio de los medios de salvamento para evitar en lo posible la repetición de desastres como los recientemente sufridos, se comprenderá si estos barcos serán susceptibles de perfeccionamiento.

Decimos, sin embargo, que han salido del estado experimental, porque en la actualidad, tanto los torpederos sumergibles como los submarinos, alcanzan desplazamientos, velocidades y radios de acción suficientes para desempeñar una misión ofensivo-defensiva; porque las operaciones de sumergirse y emerger se llevan á cabo con gran rapidez, haciendo de ellas continuos ejercicios para obtener las garantías materiales y de orden moral que estas arriesgadas prácticas necesitan; porque con el estudio hecho de los motores de combustión interna, se han producido motores marinos de gran rendimiento práctico y aplicables á los sumergibles; porque de algunos años á esta parte, los barcos submarinos son puestos á pruebas prácticas en cuantas maniobras navales se realizan y del resultado que en ellas obtienen, se puede juzgar por el número de submarinos que, como consecuencia, proyectan y construyen las naciones, y, finalmente, porque el conjunto de elementos de todo género que reúne en la actualidad un sumergible, garantizan un funcionamiento práctico y eficaz, más ó menos limitado, pero efectivo, el que, puesto al servi-

cio de un cometido especial dado por la táctica, constituye un arma de combate cuya absoluta utilidad no discute ya nadie, puesto que tan sólo se encuentran divergencia de pareceres en la extensión que á sus aplicaciones pretenden dar unos y otros.

En los progresos realizados modernamente, es indudable que la industria privada ha tenido una decisiva influencia. Roto el secreto en que se encerraban los estudios y experimentos que hacían las comisiones técnicas formadas con los Jefes de mayor competencia en cada nación, y encargada la industria particular de seguir el camino emprendido, supo ésta aprovechar en pro de la idea los últimos adelantos industriales realizados.

En algunas naciones, los mismos Ingenieros del Estado, se encuentran ahora dirigiendo los trabajos emprendidos por la industria privada; Laubeuf, en Francia, es ejemplo de esto y creemos que en alguna otra nación se ha dado este mismo caso.

En el día son muchas las casas constructoras navales que producen submarinos y sumergibles: entre ellas están la de Fr. Krupp en Kiel-Gaarden, la inglesa Whitehead y Compañía en Fiume, las americanas Electric-Boat y Lake, la italiana de Fiat-San-Giorgio de Spezia y otras. Los servicios de todas estas casas pueden ser utilizados por cualquier Estado que desee tener submarinos, circunstancia que permite á las naciones que no los construyen, escoger entre los diversos tipos que estas casas producen, los que á su juicio reúnan condiciones más convenientes.

Este procedimiento han seguido Suecia, Dinamarca, Austria, Noruega y otros Estados, y debiera de ser imitado por otras naciones que, teniendo gran extensión de costas, carecen de tan valioso elemento para su defensa.

Si al divulgar con este modesto trabajo la importancia y el extraordinario desarrollo que todas las naciones marítimas conceden á los barcos submarinos, lográramos se diera un

paso en el sentido de su adopción como elemento de defensa en nuestra patria, se considerarían sobradamente recompensados los esfuerzos empleados en él por quien, inspirado en este deseo que juzga beneficioso, estudió con el mayor interés cuanto se ha escrito y publicado sobre submarinos en obras y revistas técnicas.

Clasificación de los barcos submarinos modernos.—El tipo de torpedero submarino adoptado por una gran parte de las naciones, tiene su casco exteriormente forma muy análoga á la de un torpedero ordinario, debido á la necesidad de navegar en la superficie. Para realizar esta navegación lleva generalmente motores de combustión interna, con los que alcanza velocidades de 12 á 16 millas á la hora y para la propulsión submarina, es siempre empleada la energía eléctrica producida por baterías de acumuladores, que proporciona al submarino una marcha de 8 á 12 millas.

Respecto de la diferencia que existe entre un submarino y un sumergible, diremos que aun cuando no sean muy esenciales las diferencias que los separan, está establecido se dé el nombre de submarino al barco torpedero que navegando en la superficie posee una pequeña reserva de flotabilidad, generalmente de un 4 á un 10 por 100 del desplazamiento á flote y como una de las principales condiciones náuticas de un navío es disponer de gran reserva de flotabilidad, es evidente que los submarinos no reúnen buenas condiciones para navegar.

El sumergible, en cambio, se construye en condiciones para que navegue en la superficie y en inmersión; dispone de gran reserva de flotabilidad, tanta en algunos modelos, como la de un torpedero ordinario, presta sumergido los mismos servicios que un submarino, y fuera de lo expresado, no existen otras diferencias esenciales.

Tanto los sumergibles como los submarinos se construyen hoy de grandes dimensiones y desplazamientos, alcanzan velocidades de importancia y llevan dentro de su casco recursos de todo género, tanto para alimentar por algún tiempo sus

motores de combustión, como para cargar sus acumuladores, por lo cual es extenso su radio de acción.

No solamente barcos submarinos de grandes dimensiones se construyen, también se hacen más pequeños para separarse poco de la costa y con misión más rigurosamente defensiva. Además existen un gran número de barcos submarinos, sobre todo en Francia, contruídos hace diez años, de muy distintos tipos y variadas características y, por ultimo, también se han hecho unos submarinos muy pequeños, de 5 á 8 toneladas, que se llevan en los grandes barcos de guerra preparados ya y en condiciones de poderlos botar al agua con facilidad y cuando las circunstancias les sean favorables y oportuna su intervención, siendo reembarcados después de haber llenado su cometido.

Estos submarinos llevan el flúido eléctrico almacenado como único agente motor, y el mismo buque nodriza se encarga de tener cargados los acumuladores. Como la marcha de este pequeño barco es siempre en inmersión, su invulnerabilidad es absoluta y su éxito podrá ser completo si se halla bien dirigido por los dos hombres que constituyen su dotación. El submarino francés *Goubet* núm. 2 pertenece á esta clase, que hasta ahora ha tenido muy poca aceptación, por las muchas dificultades que tiene su buen funcionamiento práctico.

El sistema empleado para sumergirse es en todos igual y consiste en dar entrada al agua en sus depósitos, convenientemente distribuídos, para que aumente su peso hasta estar próximo á ser el de un volumen igual de agua. No pierde el barco submarino moderno su flotabilidad completa al sumergirse, conserva siempre debajo del agua algo de flotabilidad, lo que motiva un constante empuje vertical ascendente que tiene que ser vencido por medios mecánicos para poder seguir su ruta en inmersión.

Los motores que usan hoy estos barcos son de explosión para navegar en la superficie y eléctrico para su marcha en sumersión. Solamente en Francia siguen empleándose mo-

tores de vapor para los submarinos y no de modo exclusivo, pues también los usan de combustión interna.

Los modernos sumergibles suelen llevar 2 ó 3 hélices de eje horizontal para su propulsión; cuando se emplean tres, durante la navegación normal y á velocidad media, funciona la central solamente, reservándose las de babor y estribor, que ésta es la colocación que entre sí adoptan, para proporcionar un considerable aumento de velocidad en la superficie.

Para la maniobra de inmersión y vencer el empuje ascendente, se emplean los timones horizontales, á los que se les da en el barco distintas colocaciones, según el sistema de inmersión.

En el centro del barco suele colocarse la torre de mando, donde van instalados los aparatos de maniobra y visión, y en su interior dispone de potentes bombas de agotamiento y de gran presión, tubos de aire comprimido, tubos ventiladores, depósitos para combustible líquido, brújulas, giróscopos, torpedos y tubos para lanzarlos y lo que Oficiales y dotación necesitan indispensablemente para la vida.

Aparatos de salvamento llevan también los submarinos, contándose entre éstos la quilla desprendible, las boyas flotantes, luminosas y telefónicas, los compartimentos estancos y los aparatos individuales de salvamento.

Clasificación.—De la misión que la táctica naval pueda encomendar á cada clase de barcos submarinos, según el servicio que sea susceptible de prestar, dados sus condiciones, podrá desprenderse una amplia clasificación de estos barcos en cuatro grupos:

1.º *Torpederos sumergibles autónomos.*—Entrarán en esta clasificación los sumergibles con una flotabilidad de un 20 á 45 por 100, de un radio de acción de 900 á 2.500 millas y que alcancen velocidades sostenidas 12 millas en adelante, realizando en cinco minutos, como máximum, todas las operaciones necesarias para sumergirse.

2.º *Torpederos submarinos autónomos.*—Esta segunda clase

comprende á los submarinos de crecidos desplazamientos, de extenso radio de acción, pero de escasa flotabilidad, que hayan sido clasificados de autónomos por contar con los elementos necesarios para serlo.

3.º *Submarinos puramente defensivos ó submarinos puros.*—Son los que por su escasas dimensiones y pequeña flotabilidad no pueden separarse mucho de la costa, necesitando, además, auxilios exteriores de energía eléctrica.

En esta subdivisión pueden entrar la mayor parte de los submarinos construídos hasta el año 1903, exceptuando sólo algunos modelos que, á pesar de haberse botado al agua antes de esta fecha, presidió en su construcción el objetivo de hacerlos autónomos.

4.º *Submarinos trasportables.*—Son submarinos puros de reducido tamaño construídos para navegar en inmersión y verdaderos submarinos en la acepción gramatical de la palabra.

Dentro de cada agrupación podrán clasificarse, bien por los sistemas de inmersión, por los agentes propulsores, por los recursos de combate ó por el carácter distintivo que imprima algún detalle esencial de su técnica, sea náutica ó militar, pero parece lógico que la clasificación general que primeramente los divida sea derivada de las condiciones que á la táctica naval permita su utilización para los diversos cometidos, prescindiendo ya de la división en sumergibles y submarinos, con la cual no se alude en el día más que á su mayor ó menor flotabilidad, pues ni el casco único ni su forma, ni el disponer de doble casco, ni llevar interiormente ó exteriores los depósitos de lastre, son detalles de construcción que distinguen á los unos de los otros.

El nombre de submarino parece corresponder mejor al barco que solamente sumergido navega, y para dicha navegación ha sido estudiado y construído, que al torpedero que cruza el mar como un barco de superficie y puede además sumergirse y continuar su ruta en inmersión; por eso se llama á este

último torpedero, susceptible de navegar sumergido, *sumergible*.

Pero ocurre que los modernos submarinos no pueden ser comprendidos rigurosamente en la clasificación indicada, puesto que su extenso radio de acción demuestra claramente haber sido contruídos para hacer largos cruceros á flote.

Su navegación sobre la superficie no es como la que practicaría un barco ordinario de su tamaño y tonelaje tampoco un torpedero sumergible, por su escasa flotabilidad.

Es ésta indispensable, como más adelante veremos, para que un barco navegue montando sobre las olas por el efecto combinado de su flotabilidad y su fuerza propulsora.

El submarino sigue su ruta superficial á impulsos de su propulsión, dejándose cubrir por las olas que su proa atraviesa y salvando con su acertada é inteligente construcción las grandes dificultades que á este género de navegación se oponen, como son: disponer de la estabilidad longitudinal que el barco necesita por el peso que en su extremo de proa ocasionan los golpes de mar y de un esfuerzo propulsor bastante á contrarrestar las causas que limitan su velocidad.

Hasta aquí queda subsistente, como diferencia esencial entre submarinos y sumergibles, la flotabilidad muy pequeña en los primeros y grande en los segundos, pero es posible que hasta esa diferencia desaparezca con el tiempo.

Efectivamente, algunas de las naciones que construyen submarinos de grandes desplazamientos y mucho radio de acción, comprendiendo las grandes dificultades que encuentran sus barcos en la superficie por su escasa flotabilidad, van aumentando ésta en proporciones tales, que alcanzan á las que tienen algunos sumergibles. Los submarinos americanos *Seal* y *Baracuda*, de 500 toneladas de desplazamiento, tienen la misma flotabilidad que algunos sumergibles italianos, y lo mismo le sucede al submarino ruso *Nicolaïef*, puesto que los tres tienen un coeficiente de flotabilidad de un 20 por 100 del desplazamiento, apreciado como se hace en Francia y cuya diferencia

con la manera de contarse en las demás naciones veremos más adelante.

Aparatos para regular la inmersión y procurar la horizontalidad durante la marcha en los actuales barcos submarinos.—Tanto los reguladores ligeramente descritos al tratar de los submarinos que se sumergen anulando su flotabilidad, como los aparatos indicados para conservar el equilibrio ó estabilidad longitudinal, tienen completa aplicación á los submarinos ó sumergibles que conservan siempre flotabilidad como son los actuales; pues el regulador de inmersión hará indicar al manómetro la presión, y, por lo tanto, la profundidad y el timonel de inmersión maniobrará los timones horizontales para hacerles variar su inclinación según convenga. Generalmente se hacen á mano estas maniobras, pero hay submarinos en los cuales se ejerce acción automática sobre los timones para corregir las faltas ó excesos de profundidad, del mismo modo que actuaban sobre las bombas aspirantes é impelentes en los submarinos sin flotabilidad.

La práctica ha demostrado que este mecanismo automático es insuficiente para conseguir la buena marcha del barco, porque las inclinaciones pequeñas que empieza á tomar deben ser corregidas en el acto, y, sin embargo, hasta que por efecto de ellas el barco descienda ó ascienda mucho, podrán no hacerse sensibles al regulador. En el momento en que lo sean, se hará automáticamente la corrección en el timón ó timones y el submarino entonces ascenderá ó descenderá rápidamente; así es que el resultado de la intervención exclusiva del mecanismo automático, será estar dando saltos el barco entre puntos situados encima y debajo del plano de inmersión y rara vez navegará en él.

El regulador de inmersión indica el momento en que el submarino ha llegado á descender á la profundidad deseada; una vez en el plano de inmersión, el cuidado en conservar su estabilidad longitudinal le asegurará una buena marcha. Esta estabilidad se obtiene por medio del péndulo, aparato que tam-

bién conocemos, y el que situado en la cámara de reguladores y en dirección longitudinal del barco, se desplaza adelante ó atrás en el momento en que el barco pierde su horizontabilidad.

La sensibilidad de este pesado péndulo es tal, que entra en actividad en uno ú otro sentido á la más ligera inclinación del submarino, y al relacionar por intermedio de un mecanismo adecuado estos desplazamientos, con las oportunas maniobras de los timones, se comprende sea un medio de normalizar la marcha del barco en sumersión.

Los modernos barcos submarinos llevan también un regulador de inmersión de máxima profundidad, que constituye una medida de salvamento. Este aparato, sensible á las profundidades, se gradúa de modo que al llegar el barco á sentir la presión correspondiente á la profundidad de 40 metros, hace funcionar enérgicamente las bombas de agotamiento, con el objeto de expulsar agua de los depósitos aligerando el peso del barco, con lo que monta en seguida á la superficie.

Todos los aparatos que ya conocemos de M. Goubet, Forest-Briu, Chapmann y Noalhat, tanto para regular la inmersión como para mantener al barco durante su marcha en el plano de profundidad, son aplicables á los actuales barcos submarinos que conservan flotabilidad en todo momento, no habiendo otra diferencia en el procedimiento que en aquéllos, las corrientes eléctricas que los aparatos originaban con sus movimientos, eran enviadas á las dinamobombas para que éstas, al admitir ó expulsar agua, lograran la estabilidad del barco, mientras que en los actuales estas corrientes son enviadas á mover mecanismos de maniobra para los timones de inmersión.

Con los timones horizontales, se hace fácilmente el cambio de plano de inmersión, bien por uno superior ó por otro á mayor profundidad, pues todo se reduce á aumentar la inclinación de los timones hasta ponerlos á 8°, yendo á seis millas de velocidad.

Operaciones para practicar la inmersión.—Un barco sub-

marino puede pasar al estado de inmersión estando parado y estando en movimiento.

El procedimiento de anular por completo un submarino su flotabilidad no suele nunca emplearse en el día, pues tal situación es en extremo expuesta, porque un aumento de peso producido por una vía de agua, podría ocasionar un rápido y funesto descenso antes de lograr la expulsión de agua necesaria.

Hay casas constructoras que emplean para que los submarinos puedan sumergirse en reposo, sin anular por completo su flotabilidad, las hélices de eje vertical.

En el capítulo correspondiente á los datos remitidos por algunas casas constructoras, podrá verse empleado este procedimiento.

El medio generalmente empleado para sumergirse un barco submarino son los timones horizontales con el barco en movimiento producido por sus electro-motores. De este modo conserva flotabilidad en todo momento, única garantía de que puede disponer en su arriesgado cometido. Esta flotabilidad, lejos de disminuirse, va aumentando desde 130 kilogramos que tenían los primeros submarinos ingleses del tipo Holland, hasta exceder de 500 kilogramos, como ocurre con los actuales, y si las superficies de los timones no pusieran un límite, todavía se aumentaría más por la seguridad que reporta.

Práctica de inmersión.—Esta operación, tan delicada como importante, debe reducirse en duración cuanto sea posible por constituir la defensa con que cuenta un submarino contra los barcos de guerra de mucha velocidad.

Copiaremos aquí lo que M. Sueter dice sobre estas operaciones:

“La dotación, colocada sobre el puente, va entrando una á una por la escotilla del kiosco; el último que entra es el capitán, que la cierra herméticamente. Todas las aberturas del casco, ventiladores, escotillas de torpedos, etc., deben ser cerradas. A continuación se da entrada al agua en los depósitos principales de lastre y en los auxiliares, y en cuanto éstos

se han llenado de agua pierde el barco su flotabilidad rápidamente hasta llegar á cubrir el agua las superficies de las superestructuras superiores.

“En este estado, se pone en marcha por medio del motor eléctrico concertado con el árbol de la hélice, y cuando tiene el barco suficiente velocidad, el capitán da la orden de sumergirse, el timonel de inmersión da á los timones horizontales una inclinación de 8° ; esto tiene por efecto hacer hundir la proa bajo la superficie del agua, y al mismo tiempo se eleva la popa, ejecutándose así la inmersión oblicua.”

Este tiempo necesario para sumergirse, ha ido reduciéndose mucho; desde veinticinco ó treinta minutos que eran antes necesarios para pasar de superficie á sumersión, basta emplear de tres á cinco minutos, que es lo que modernamente basta para conseguirlo. El submarino *Octopus* tarda cuatro minutos y medio, el *Lake* tarda seis y los sumergibles italianos emplean cinco minutos.

Cuando el mar está muy movido, se encuentra un barco submarino que navega en la superficie, tanto más sujeto y agarrado cuanto mayor sea su flotabilidad; esto dificulta mucho el dar al barco la inclinación necesaria para sumergirlo, hasta el extremo de tener que renunciar á someterle á inclinaciones grandes y á la idea de sumergirlo con una gran reserva de flotabilidad á causa de las dificultades que opone el mar.

Tiene el submarino ó sumergible que sacrificar una parte de la reserva de flotabilidad que conserva sumergido para pasar á inmersión con mar agitada, porque de esta manera el barco es más pesado, se halla más próximo á perder su flotabilidad y con una ligera inclinación podrá sumergirse.

Hasta aquí, nos hemos ocupado de la estabilidad de un submarino en inmersión, pero como estos barcos deben navegar también en la superficie, habremos de hacer algunas consideraciones sobre su estabilidad como cuerpos flotantes.

MOTORES.

Dos clases de motores llevan generalmente todos los submarinos para su propulsión: uno para navegar en la superficie, y el otro para producir su marcha sumergido. Como al pasar el barco del primero al segundo estado es indispensable, no sólo hacer cesar la acción que sobre él ejerce el primer motor, sino atender además á dejarle completamente inactivo y en condiciones que permitan sea herméticamente cerrado, sin que vicié ni caldeé el aire que le rodea, se comprenderá perfectamente que no todas las distintas clases de motores se prestarán igualmente á ser empleados en la propulsión de los barcos submarinos. Desde luego salta á la vista las grandes ventajas que se obtendrían pudiendo disponer de un solo motor, cuyas excepcionales condiciones le hiciesen apto para mover el barco, tanto en la superficie como sumergido; esta es la tendencia de los modernos constructores, y aun cuando sólo sea en la actualidad una aspiración, es de esperar no constituya una infranqueable barrera que se oponga al éxito, ante los persistentes estudios é investigaciones de tantos hombres de ciencia que á ello dedican sus esfuerzos, después de haber alcanzado tan rápidos y repetidos progresos en los distintos problemas industriales á que el buen funcionamiento de estos barcos da lugar.

Para navegar en la superficie emplean principalmente los barcos submarinos: motores de vapor, de combustión interna y de energía eléctrica. Los motores de vapor, aun cuando no han dejado de emplearse en Francia, son los que menos se adoptan en las modernas construcciones de submarinos porque, aparte de tener otros inconvenientes, que más adelante detallaremos, absorben algún tiempo para dejarlos inactivos, y el buen funcionamiento de un barco sumergible no puede admitir esta circunstancia que puede oponerse á la rapidez con que debe sumergirse.

En Francia existen algunos submarinos y sumergibles con

motor de vapor, y uno construido recientemente de grandes dimensiones; pero las demás naciones que han empezado más tarde que Francia á construirlos, no han adoptado estos motores. Parece indudable que esta nación, cuyo afecto por la navegación submarina no le ha permitido escasear cuantos elementos pudieran ser útiles á su perfeccionamiento y desarrollo, adoptaría estos motores, teniendo en cuenta sus grandes ventajas de regularidad de marcha, seguridad en su manejo, rendimiento para la velocidad y notable economía en su uso; pero los inconvenientes de que adolecen, acentuados en el día con los modernas exigencias creadas para estos barcos, han sido causa suficiente para que, en general, no se empleen para la propulsión de los modernos barcos submarinos.

Aun cuando las máquinas de vapor servidas por carbón no se han empleado para los barcos submarinos desde el año 1884 que se instalaron en el Nordenfeld, por los muchos inconvenientes que tenían, no se desistió de usar el vapor producido por el combustible líquido, con lo que disminuyeron, indudablemente, los motivos que obligaron á prescindir de los primeros. No se tardaba tanto en dejar inactivo el motor para pasar de una á otra navegación, ni se elevaba tanto la temperatura en el interior del barco; pero no puede evitarse el emplear mucho tiempo hasta levantar vapor para iniciar la marcha; el calor que desarrollan sigue siendo grande, y los elementos auxiliares que estas máquinas necesitan, tales como los depósitos para el agua y el vapor, caldera, condensadores, etc., ocupan mucho espacio superficial, más, indudablemente, del que exige la colocación de un motor de combustión interna.

La energía eléctrica se emplea, generalmente, para la navegación inmersa, siendo en muy escaso número los submarinos que se sirven también de ella para navegar en la superficie.

Motores de combustión interna.—Es el motor mas generalmente empleado en los barcos submarinos para su propulsión en la superficie.

Este motor, á cuyas excepcionales condiciones se deben los

progresos obtenidos en la tracción por carreteras que son recorridas en el día por millares de automóviles, marchando á velocidades juzgadas antes como imposibles de alcanzar, los realizados como elemento propulsor en los globos dirigibles y aparatos de aviación, es también considerado justamente como motor marino de la mayor utilidad práctica, y tiene, entre sus muchas aplicaciones, la de adaptarse como ningún otro á las exigencias de los barcos submarinos, sirviendo para la propulsión en la superficie de la mayor parte de estos modernos barcos. Puede, sin exageración, asegurarse es completo su triunfo en la tierra, en el aire y en el mar.

La historia de su adopción no alcanza, ciertamente, fecha remota; pues si bien es cierto que durante los siglos xvii y xviii se hicieron ensayos encaminados á aprovechar la fuerza expansiva de ciertos gases, utilizándola para poner en movimiento máquinas que se aplicaban á objetos industriales, no pasaron de ser tentativas que marcaron acertadas tendencias, pero sin lograr el resultado práctico de obtener una máquina de explosión. Puede asegurarse que la época del verdadero impulso dado á esta clase de motores fué el año 1878 con el motor Otto, de excelentes resultados, y base creada, sin duda, para que se produjeran la mayor parte de las perfeccionadas máquinas que con posterioridad se han ido construyendo. Al poco tiempo, en el año 1880, se hacía aplicación por Brayton en América del motor Otto á la navegación submarina, construyendo, al efecto, un motor de petróleo, de modo que, casi al nacer los motores de explosión, se pensó en la utilidad que podían prestar á los submarinos.

No es de extrañar esta circunstancia, teniendo en cuenta las condiciones que indispensablemente han de concurrir en un motor para hacerlo aplicable á la propulsión de un barco submarino; pues siendo muy reducido el espacio de que se dispone, se ha de tener en cuenta el rendimiento, con relación á la unidad de volumen, y la escasa flotabilidad de que dispone no puede ser gravada con un peso excesivo.

En la actualidad, suprimido el gasógeno, elemento solidario de las primeras máquinas de explosión, y sustituido por el carburador, verdadero productor del gas que hace explosión, fueron sometidos al estudio de ingenieros y constructores todos los diversos problemas que integran el normal funcionamiento de estas máquinas, como son: el equilibrio, conveniente carburación, regularidad de marcha, y en la producción de gas, potencia, número conveniente de cilindros, con los medios de ponerlos rápidamente en marcha, resolvieron, además, los múltiples problemas de cinemática para obtener la combinación de velocidades, los más rápidos y seguros procedimientos para los cambios de marcha, maniobra de las hélices de palas reversibles, cuando la reversibilidad no alcanza al motor, y cuantos problemas resueltos ya en su mayoría completan el buen funcionamiento de estos motores, no solamente para ser accionados por líquidos volátiles, sino por aceites densos ó pesados.

Es verdaderamente extraordinario el número de aplicaciones dadas en el día á estos motores en la marina. Como elementos de propulsión son empleados en los botes que llevan á bordo las grandes embarcaciones, en los barcos de recreo, en los usados para regatas, en las lanchas ó botes automóviles, torpederos y submarinos; como productores de fuerza para diversos servicios, se emplean en la carga y descarga de los barcos, como transportadores de pesos á bordo de los mismos; son muy útiles sus servicios en la elevación de anclas, achiques, producción de fluido eléctrico, poniendo en actividad dinamos y otras mil aplicaciones, para las cuales con dificultad puede hacerles competencia ningún otro agente motor.

Los motores de vapor son hábilmente utilizados en algunos barcos submarinos franceses, mediante un detenido estudio hecho en ellos para contrarrestar los inconvenientes que su adopción representa. Es la única nación que aplica estos motores á la navegación submarina, porque además de ocupar

mucho espacio, desarrollan un calor excesivo que se transmite á todas los compartimientos del barco; su peso es muy grande (50 kilogramos por caballo efectivo en máquinas de 200 indicados), y tardan algún tiempo en entrar en funciones.

Los motores de gasolina pesan 15 kilogramos por caballo, y si prescindimos de éstos por los peligros que su uso acarrea, y que ha sido causa bastante para que se vayan dejando de emplear, los motores Diesel, actuados por aceites densos, pesan 33 kilogramos por caballo, y son desde luego los que mayor número de partidarios tienen por sus grandes ventajas.

En atención á lo expuesto, prescindiremos de las máquinas de vapor, pues hasta en Francia, que es la única nación que las emplea, se va adoptando, con carácter casi general, el motor de combustión interna para los barcos submarinos.

Motores de combustión interna y su clasificación.—El motor de combustión interna, accionado tanto por líquidos volátiles como por aceites densos ó pesados, es el empleado para la propulsión en la superficie de los modernos barcos sumergibles. Entre esta clase de motores, los que mayores ventajas presentan desde el punto de vista del trabajo útil con el minimum de gasto, son los de esencias. Efectivamente, los motores de bencina, alcohol y gasolina proporcionan el mismo rendimiento que los de petróleo por ejemplo, con la mitad próximamente de peso, tienen un consumo de combustible por caballo y hora mucho menor que estos segundos, entran en funciones con gran rapidez, siendo muy de lamentar que la extremada fluidez de estos agentes haga tan peligroso su uso. Las tres cuartas partes de los accidentes ocurridos á estos barcos, han sido producidos por explosiones de gasolina, á pesar de lo cual algunas casas constructoras se resisten á prescindir de las esencias en atención á las ventajosas condiciones de rapidez y economía que reporta su adopción.

Alegan aquéllas que las causas productoras de los repetidos accidentes, fueron, en su mayor parte, debidas á descuidos padecidos en su manejo, pero el hecho de ser la gasolina una

substancia que con sólo 6 grados de calor inicia sus funciones de vaporización, haciéndose ésta más activa cuanto más se eleva la temperatura, explica claramente los verdaderos peligros que su uso acarrea por muchas que sean las precauciones que se adopten; por esta causa, se va prescindiendo de estos agentes en casi todas las naciones.

Los aceites pesados no son tan inflamables, y hay muchos motores de explosión accionados por estos agentes con marcada ventaja para la seguridad; á esta clase pertenecen los Körting, Diesel, Thornycroft y otros. Es cierto que, tanto el peso de estos motores, como su gasto de combustible, es bastante mayor, pues mientras los motores de gasolina consumen 200 á 300 gramos por caballo y hora, el consumo de los de petróleo, por ejemplo, es de 400 gramos; pero no es menos cierto que, á pesar de esta circunstancia, los motores de aceites pesados se van empleando más de día en día por encontrar sobrada compensación, con la mayor seguridad en el uso, los inconvenientes citados de mayor peso y consumo.

La misma seguridad que proporcionan los aceites pesados es causa que impide á la máquina entrar tan prontamente en funciones como la servida por esencias, puesto que á la temperatura ordinaria es escasa la volatilización para producir las explosiones, pero este inconveniente se subsana por dos procedimientos generales: el primero consiste en hacer intervenir gases menos densos nada más que para iniciar el movimiento, y el segundo, en someter estos aceites á la acción de una batería de acumuladores ó de otros medios adecuados, siempre con el objeto de elevar la temperatura para conseguir, en breve espacio de tiempo, se produzca la necesaria volatilización.

Aceptaremos la clasificación de estos motores en dos agrupaciones: motores de explosión sin compresión y motores con compresión.

A la primera clasificación pertenecen los motores que se construyeron en un principio, y en éstos las funciones internas del agente motor eran: aspiración de la mezcla detonante que

era introducida en el cilindro á la presión atmosférica, producir la explosión con la consiguiente expansión de gases y evacuación al exterior de los gases quemados. No nos ocuparemos de este grupo poco empleado en la actualidad; son más ventajosos los motores de compresión, tanto por exigir menores dimensiones en los cilindros, como por asegurar la rápida y completa explosión de la mezcla, aun cuando no se trate de gases excesivamente inflamables. Los motores empleados en los barcos submarinos, son con compresión. Esta importante operación á que se somete el gas, aumenta en una unidad las funciones internas del agente motor, resultando éstas, según ya sabemos, las cinco que constituyen su funcionamiento, á saber: aspiración de la mezcla, su compresión, explosión de un mismo volumen, expansión de gases y su evacuación.

Todos los motores de explosión realizan estas mismas operaciones, pero la manera de ejecutarlas es distinta en unos de otros, dependiendo esto de la disposición mecánica del émbolo; en efecto, éste puede estar constituido de modo tal, que en dos recorridos ó carreras completas del émbolo, se logre automáticamente la ejecución de las cinco funciones; que sean necesarias cuatro carreras para llenar este fin, y que se necesiten seis. De esto se deriva la clasificación en motores de dos tiempos, de cuatro y de seis. Generalmente los autores prescinden de esta última subdivisión, que pertenece á los tipos de motores ideados por Griffin, porque no han sido adoptados sino en escaso número. El quinto y sexto tiempo de estas máquinas se adjudican á la aspiración y evacuación de aire atmosférico que penetra en los cilindros, y cuyo objeto es conseguir queden éstos completamente limpios de los detritus que dejan los gases quemados. Tampoco trataremos en este trabajo de los motores Griffin por no haberse hecho aplicación alguna á los barcos submarinos.

De dos y de cuatro tiempos serán, pues, los motores de que nos ocuparemos.

Condiciones que necesitan tener.—Una de las primeras condiciones que deberá llenar el motor que se destine á la propulsión de un submarino, será la de desarrollar una gran energía, con el más reducido espacio posible, y como la potencia en los motores de explosión está en razón directa del número de cilindros que tenga la máquina, ya que razones mecánicas de insuperable fuerza se oponen al aumento de tamaño de los cilindros, excediendo de razonables proporciones, deberá buscarse el multiplicarlos todo lo posible, reduciéndolos de tamaño y peso, siempre dentro de los cálculos que los principios de mecánica aconsejen, y teniendo en cuenta que su número no podrá exceder de ciertos límites, por el considerable peso que el submarino proporcionaría. Generalmentes es admitido como buen rendimiento práctico el de 45 á 60 caballos por cilindro, y con respecto al número de éstos, es adoptado como tipo medio el motor de 12.

Independientemente de las condiciones que necesita poseer un motor de explosión de buen rendimiento práctico, el que haya de ser montado en un barco submarino, deberá poseer cualidades especiales.

Los que determina como indispensables Forest y Milton en su Memoria leída en la Exposición Marítima de Burdeos sobre las condiciones necesarias á toda máquina de combustión interna para poder emplearse como motor marino, representan el ideal al que deben tender estos motores; no se ha logrado todavía queden satisfechas algunas de las condiciones marcadas en la referida Memoria, y otras, como la primera, no son completamente indispensables para los submarinos; pero dada su importancia la reproduciremos en este trabajo, á pesar de que el objeto que nos mueve no es examinar los motores de explosión en general, sino presentar algunos tipos de interés para nuestro estudio; consecuente con él prescindiremos de cuantos motores existen con aplicaciones distintas del objeto que nos ocupa, circunscribiéndonos á presentar los modelos

de máquinas, que por haber sido contruídos para barcos submarinos, tienen reconocida importancia para nosotros.

Las condiciones que según Forest y Milton deberán reunir estos motores, son :

1.^a La máquina debe ser reversible (en muchos sumergibles modernos la reversibilidad afecta sólo á las palas de las hélices y no al motor).

2.^a Debe poder pasar é iniciar la marcha con facilidad y rapidez y lo mismo avante que atrás.

3.^a Debe poder marchar á cualquier número de revoluciones, entre las que corresponden á las velocidades máxima y mínima, y mantenerse con regularidad á la velocidad deseada durante todo el tiempo que sea preciso. La velocidad mínima no debe exceder de un cuarto de la máxima y ha de ser aún menor en los buques muy rápidos.

4.^a Ha de ser apta para funcionar continuamente en largas distancias, con cortos intervalos entre los viajes, y sin el peligro de tener que parar ó hacer averías.

5.^a Debe funcionar bien, no sólo en aguas tranquilas sino en mares agitados, y cuando la variable inmersión de la hélice produce rápidos cambios de resistencia.

6.^a Todas las piezas que trabajan deben ser fácilmente accesibles, para visitarlas con frecuencia, y las superficies de rozamiento han de poderse ajustar pronto y con facilidad.

7.^a La máquina deberá ser económica en el consumo de combustible, especialmente á la velocidad de navegación normal.

8.^a Debe ser compacta, ligera y bien equilibrada para evitar vibraciones.

9.^a Debe estar exenta por completo del riesgo de una acumulación de gases en un recinto del buque, donde se pudiera dar lugar á la formación de una mezcla explosiva.

10. Es condición indispensable que pueda emplear combustibles de un precio moderado y que se encuentren con facilidad en cualquier punto del globo donde el buque pueda recalar.

Este programa es hasta ahora un verdadero límite, hacia el cual se tiende, pero al que no se ha llegado todavía, á pesar de lo que, es excelente el funcionamiento de los actuales motores de explosión en los modernos sumergibles.

VISIÓN Y ORIENTACIÓN

Son asuntos importantísimos para la navegación submarina: la primera, porque es totalmente perdida desde el momento que el submarino se sumerge por completo y llega á 16 metros de profundidad, y la segunda, única garantía para su marcha sumergido, porque puede también malograrse si no se toman grandes precauciones y cuidados.

El año 1890 fué presentada á la Academia de ciencias de Paris una interesante memoria, relativa á las experiencias llevadas á cabo sobre la visión submarina.

De ella extractaremos lo interesante para nuestro estudio, esto es, las impresiones transmitidas por un observador convenientemente colocado.

En un día claro y dando la luz del sol sobre la superficie del mar, la refracción de los rayos solares aparece en las primeras capas de agua como ráfagas tachonadas de puntos luminosos, produciéndose en ellas bastante luz, cuya intensidad va rápidamente disminuyendo conforme se descende, hasta ser ya muy pálida á los 6 á 8 metros. Cuando se ha descendido á 10 metros, solamente se distinguen los objetos colocados á 15 ó 20 metros de distancia, y á partir de esta profundidad, va perdiéndose tan rápidamente la luz, que á los 25 metros no se distingue una roca, por grande que sea, á 8 metros de distancia, y todo esto en pleno día, pues en el momento de ponerse el sol, pasa el observador sumergido rápidamente del día á la noche.

Otras muchas experiencias contiene la memoria, relacionadas con el cambio de colores en sumersión; pero prescindire-

mos de enumerarlas, por ser poca su utilidad para nuestro trabajo.

De lo expuesto deduciríamos claramente las dificultades ó la casi imposibilidad que tiene un submarino para ver sumergido, si con los constantes ejercicios que dichos barcos realizan, no se hubiera experimentado prácticamente.

Se han hecho diferentes ensayos para alumbrar á un submarino en inmersión, produciendo en su interior una potente luz, para que al salir al exterior por claraboyas, iluminara el espacio que le rodea; no dió este procedimiento resultado práctico, porque el observador colocado en el submarino, es precisamente el que menos ve lo que fuera del barco ocurre, y para que pueda verlo, lo que se necesita iluminar es el espacio exterior. Si un submarino, provisto de potentes focos de luz, navegara en su plano de inmersión á 30 metros de profundidad, un observador, provisto de escafandra y situado en este mismo plano, vería llegar el barco á bastante distancia, por llevar éste iluminado el espacio que le rodea.

El submarino no puede, hasta el presente, proporcionarse el medio de ver cuando se halla sumergido á una profundidad que exceda de 10 metros; es un barco que navega á ciegas, y que necesita para saber á donde se dirige, estar pendiente de sus medios de orientación; y para no ser víctima de un choque ó colisión, navegar á muy poca profundidad, siempre que sea posible, con el fin de disponer de los recursos que á continuación expondremos.

Los barcos submarinos afectos á una extensión determinada de costa, para su defensa tendrán un perfecto conocimiento de ella, y esto les pondrá á cubierto de un accidente. Además, para que un submarino se oculte de la vista de un barco, le bastará con sumergir su casco, llevando fuera del agua la torre de mando; desde ella ve perfectamente su comandante, y sólo en la práctica de su táctica de combate, y al ir á atacar á un barco, será cuando tenga que navegar á profundidades varia-

bles de 10 á 15 metros, y llegado ese caso, ya trataremos de las precauciones que deberá tomar.

Visión de un submarino en sus distintas situaciones.—En tres posiciones distintas puede hallarse un submarino sumergido para los efectos de su propia visión:

1.º *Navegando con su casco sumergido y su torre central ó de mando fuera del agua.*—Esta es la posición más conveniente para un barco submarino, porque con ella disfruta de las ventajas de permanecer oculto sin carecer de *visión directa*; y el comandante, que dirige desde la torre de mando, procurará permanecer en esta situación el mayor tiempo que le sea posible. Las olas del mar, un poco agitada, se opondrán á que pueda verse por las claraboyas ó cristales circulares del kiosco ó torre de mando; para aminorar este inconveniente, se tiende ahora á elevar bastante esta torre, buscando con ello mayor protección para la visión directa cuando el barco está sumergido parcialmente.

M. Lake construye en sus últimos submarinos un kiosco mucho mayor de lo que se acostumbra generalmente; sus dimensiones son 2 metros de altura, 3 de longitud y 1^m,40 de anchura, con una sección elíptica, con cuya adopción reúne las ventajas de elevar el centro de carena, aumentando así la estabilidad, navegar mejor á media inmersión, tener reunidos en la torre todos los aparatos de mando, maniobra y visión, y como construye además de bronce la parte superior de esta torre, la brújula que también lleva en su interior no se halla tan expuesta á alterar sus indicaciones por verse libre de las influencias magnéticas del casco.

2.º *Navega sumergido á corta profundidad, permitiéndole conservar sobre la superficie del agua el extremo de su tubo óptico.*—En esta situación tiene el barco *visión indirecta*, navegando con mayor protección que en el primer caso, puesto que el final de su tubo óptico será objeto imposible de ser apercebido, no siendo á muy corta distancia.

3.º *Navega completamente sumergido con ruta fija y comprobada, y sin más guía que los aparatos de orientación.*—En este caso no dispone de visión alguna, y le servirá para realizar su táctica ofensiva ó la defensiva de absoluta ocultación.

Pasemos á tratar separadamente de cada una de estas situaciones.

Visión directa.—Ni el torpedero sumergible ni el submarino autónomo, son hasta ahora barcos grandes; por lo tanto, navegando en la superficie y sin la columna de humo que desde muy lejos podría delatarlos, no será su tamaño aparente perceptible á grandes distancias, y tendrá además la ventaja de que su comandante podrá ver á los barcos grandes, á igualdad de vigilancia, antes que desde los barcos grandes vean al submarino.

En tiempo de guerra hay que contar con una vigilancia más asidua, tanto desde las costas como desde los puentes de los grandes barcos, y de día anteojos y gemelos marinos pueden sorprender desde la costa la existencia de un submarino que navegue sobre la superficie sin que su comandante lo sospeche. Para evitar esto, al llegar á puntos no muy distantes de costa ó naves enemigas, navegará á media inmersión, es decir, con su casco sumergido y la torre de mando fuera del agua; en esta situación dispone el barco de *visión directa*, su comandante ve cuanto le rodea y lo guía con la ventaja de no ser visto á una milla de distancia.

Es posición muy conveniente para un sumergible ó submarino, y el jefe que lo mande tratará siempre de prolongar, cuanto pueda tal situación, no sumergiéndose más, sino cuando vaya á atacar algún barco ó después de haber sido descubierto para despistar al enemigo, emprendiendo una dirección contraria á la que pudiera suponersele.

Visión indirecta.—Consiste en referir por reflexión, al interior del submarino, las imágenes de los objetos que se descubren á su alrededor.

Sumergido el submarino á 2 ó 3 metros de profundidad, en vez de asomar la torre de mando como en la anterior posición, lleva todavía sobre la superficie un tubo de muy poco diámetro, provisto de espejos ó lentes prismáticas, por las cuales se reflejan las imágenes al interior.

En esta situación, navegando á pequeña velocidad, es punto menos que imposible apercibirse de su existencia, y únicamente forzando la marcha, la estela que este tubo marca sobre la superficie, sobre todo en días de calma, podrá delatar su existencia.

Los aparatos ó tubos ópticos que llevan estos barcos van colocados cerca del centro de su eslora, en posición vertical, como los palos de los barcos comunes, y su longitud suele ser de 5 á 7 metros.

Los medios de obtener la *visión indirecta* más generalmente empleados son: el periscopio, el tubo óptico y el cleptoscopio, y otros muchos que han resultado de combinar dos de los nombrados.

El periscopio inventado por el comandante Mangín y perfeccionado más tarde por Laussedat, tiene por fundamento la conocida propiedad de los espejos parabólicos de reflejar en su foco todos los rayos de luz, y con ellos las imágenes de los objetos á su alcance.

Supongamos una lente parabólica que refleja sus rayos vectores en su foco, si gira la lente alrededor de su eje vertical en punto próximo á su foco irá reflejando una imagen panorámica de cuanto al barco rodea.

Para la colocación del periscopio en el submarino, habrá de llenarse la condición de que el eje horizontal de la parábola pase por el interior del barco y su foco esté próximo al centro de la sección transversal del submarino, y en esta situación es claro que al interponer una superficie reflejante, si hacemos girar el periscopio alrededor de su eje, al dar una revolución completa habremos obtenido una imagen panorámica.

Las dimensiones de la superficie parabólica son una con-

secuencia del campo que se desea dar al aparato, pero las generalmente admitidas tienen de 20° á 30°.

1.* Poderse ver todo el horizonte haciendo girar el tubo, dispuesto de modo tal, que el movimiento pueda ser lento ó rápido, á voluntad.

2.* El arco de visión debe ser igual al del ojo humano, 50° próximamente.

3.* El campo vertical debe permitir observar un punto, á pesar de los ligeros movimientos de inclinación debidos á las oscilaciones longitudinales del barco.

4.* El objeto debe ser convenientemente aumentado para que suministre la impresión de su verdadera magnitud.

5.* El orificio por el cual pase el periscopio y todas las partes de que consta, deben poder resistir la misma presión que el caso.

Á estas condiciones agregaremos que debe dificultarse todo lo posible la entrada del agua por la parte superior, por ser el verdadero obstáculo con que tropieza el aparato para rendir un buen funcionamiento práctico.

Percepción de los sonidos por un submarino.—*Campanas submarinas.*—Si es verdad que un barco submarino en completo estado de inmersión encuentra serias dificultades para ver lo que hay á su alrededor, oye en cambio mejor que cualquier otro barco que navegue en la superficie.

La causa de este fenómeno está en el hecho de propagarse en el agua las ondas sonoras con una velocidad cuatro veces mayor que en el aire ambiente, y los submarinos aprovechan esta rapidez en la transmisión de los sonidos para llenar dos fines: el 1.º, producir sonidos cuya percepción á distancia por otros buques pueda serles útil, y 2.º, darse cuenta de los barcos que navegan en puntos próximos por el ruido que su propulsión produce, circunstancia de un extraordinario interés.

La primera se logra con la campana submarina: suspendida ésta en la proa, generalmente, y con un peso de 60 á 70 kilo-

gramos, es accionado su sonido por la electricidad, pudiendo producirlo su badajo con sujeción á un ritmo previsto y convenido ó por medio del alfabeto Morse, con lo cual podrá hablarse á distancia. Este aparato transmisor puede empezar sus funciones en una profundidad de 6 á 8 metros solamente.

El aparato *receptor* consiste en un micrófono situado en una de las bordas del barco y lleno de un líquido especial; los hilos microfónicos suben á dos auditivos colocados en la torre de mando.

Los resultados obtenidos con este sistema de comunicación no pueden ser más satisfactorios. Entre 3 y 5 millas es clara la percepción de los sonidos que han sido producidos por la campana, y un barco que vaya provisto de un micrófono en cada banda tendría una gran seguridad en su navegación.

Utilizando la propiedad mencionada puede evitarse al submarino una colisión, porque si antes de empezar su emersión á la superficie, ha parado su motor por breves momentos, y mandado cesar cuantos ruidos puedan oponerse á que se perciban con claridad los ruidos exteriores que denuncian la presencia de algún barco en lugar próximo, podrá emprender su ascensión con garantías de éxito.

La reciente catástrofe del *Pluviôse* es posible se hubiese evitado llevando amplificadores del sonido, pues el vapor *Pas de Calais*, con el cual chocó al ascender, debería encontrarse á muy corta distancia del submarino cuando éste empezó á emerger, por mucha que fuera la marcha que aquél llevara.

En las revistas que se han ocupado de esta catástrofe hemos visto consignado que la dotación, obedeciendo á erróneas indicaciones del manómetro que marcaba ya superficie, debió abrir la escotilla de la torre de mando, y como el barco estaba todavía sumergido, se precipitó el agua en el interior hundiéndolo; esto hace pensar si sería conveniente atender las indicaciones hechas ya por algunos escritores, de colocar gruesos cristales en el centro de las escotillas para que directamente pueda verse desde el interior cuando el submarino está en la

superficie para que no vuelva á ocurrir el caso de producir tantas víctimas un error de lectura, ó los defectos ó deterioros de los aparatos indicadores.

El sumergible *Pluviôse* se encuentra ya completamente reparado y prestando servicio.

Las ondas Hertzianas pueden evitar el aislamiento en que un buque sumergido se encuentra. En Inglaterra, los submarinos de la serie D han sido los primeros en los cuales se ha instalado la telegrafía sin hilos, para lo cual llevan una bien estudiada antena, de 9 metros de altura, sujeta y colocada de tal modo que para nada estorba al submarino.

Posteriormente se ha extendido esta medida á las series B y C, y en Francia llevan también este medio de comunicación los últimos sumergibles construídos.

Su importancia es muy grande porque desde tierra ó desde un buque pueden transmitirse órdenes á los submarinos, aun cuando no se sepa la posición que ocupen para encargárles, teniendo en cuenta sus condiciones y valiéndose de convenidas contraseñas, á cada uno la misión que convenga realice.

Navega totalmente sumergido. *Orientación.*—Ya hemos dicho que todo barco submarino, navegando á 15 metros de profundidad, no dispone de medio alguno para ver lo que le rodea, y necesariamente tiene que fiar la dirección de su ruta á los aparatos de orientación que lleva consigo.

Antes de pasar á la total sumersión, tomará las referencias necesarias entre el punto adonde desea dirigirse y las indicaciones de su brújula, para que sea ésta en inmersión la que le indique el rumbo conveniente.

En un barco submarino las indicaciones de la brújula están seriamente amenazadas de error, por lo cual ocioso parece insistir en los cuidados de que habrá que rodear este aparato.

Efectivamente, una brújula que se encuentra en el interior de un cuerpo metálico y de pequeñas dimensiones, próxima á un motor eléctrico y rodeada de conductores, por los que circulan fuertes corrientes eléctricas, está muy expuesta á que

la acción de influencias extrañas alteren sus naturales indicaciones, por lo que tendrá que estudiarse detenidamente su aislamiento.

Las principales causas que pueden producir errores son: las corrientes normales del motor, las anormales que puedan producirse por derivaciones y defectos accidentales de aislamiento y, finalmente, por la imantación posible, permanente ó pasajera del casco, si éste es de un metal magnético.

Para que la brújula se halle defendida de estas causas de error, es indispensable que en el proyecto y construcción del sumergible haya presidido la más inteligente previsión de todos estos peligros, y de no ocurrir así, difícilmente podrán ser evitados.

Para que no actúen sobre la brújula las corrientes regulares ó normales del motor eléctrico, es necesario equilibrar su acción, de modo tan completo como sea posible, con los conductores de ida y vuelta, siempre considerados con relación al punto ocupado por la brújula.

Las corrientes anormales, como serán producidas por faltas accidentales de aislamiento, podrá evitarlas el cuidado y esmero empleados en la construcción y la discreción con que se practiquen las operaciones, remediándose las que pueden producirse accidentalmente en la práctica con un perfecto conocimiento técnico de todas las comunicaciones y mecanismos.

Cuando el barco sea de un metal magnético, será empresa difícil evitar su imantación permanente, y, por lo tanto, deberá contarse con su positiva influencia sobre la brújula. Para este caso, se suele determinar experimentalmente el coeficiente de corrección, teniéndolo en cuenta en las observaciones.

Se han hecho interesantes experiencias encaminadas á determinar qué colocación es más conveniente para la brújula dentro de un barco submarino, y de ellas se ha deducido que es el centro de figura del barco.

Para deducir esta consecuencia, se han dado, á un cierto número de brújulas, distintas colocaciones en otros tantos submarinos; se los ha puesto á todos en marcha y en una dirección perpendicular á la del polo magnético, pudiendo verse entonces claramente que la brújula que menor número de oscilaciones produjo era la que se hallaba situada en el centro de figura.

Siendo tan sumamente interesante la orientación para un submarino que navega sumergido á 15 metros de profundidad, puesto que no tiene otro medio de saber si lleva ó no bien su ruta, y estando expuesta á tantos errores las indicaciones de la brújula, se hace precisa la intervención de otro aparato capaz de marcar bien una dirección determinada y que resulte como comprobación de la brújula ó rectificación del erróneo funcionamiento de ella. Este aparato es el giróscopo, tan conocido por distintas aplicaciones, pero sobre todo, por su adaptación al torpedo automóvil *Howell*; en este torpedo representa el giróscopo la absoluta garantía de fijeza en la dirección de la marcha, porque como es sabido, este aparato tiene la propiedad de conservar invariablemente su eje de rotación en el espacio, cualesquiera que sean los desplazamientos ó deformaciones de su soporte. En el torpedo *Howell*, la fijeza de rotación del disco metálico asegura la marcha en esa misma dirección del torpedo, mientras que este giróscopo para el submarino no tiene otro objeto que patentizar una dirección fija que podrá servir para que de ella se derive la que el timonel da al barco.

Esta propiedad de conservar invariablemente su eje de rotación, representa verdaderamente una garantía, y si antes de sumergirse se orienta el aparato en la dirección que se quiere llevar y se pone en movimiento, al sumergirse se tendrá ya una dirección fija.

Ni las indicaciones del giróscopo ni las de la brújula en perfecto estado serán suficientes garantías de seguridad para que un submarino dispare su torpedo contra el enemigo, por suponerse en la conveniente posición de ataque á pesar de

tener bien calculada la distancia que en inmersión ha recorrido ; en efecto, las grandes corrientes submarinas pueden hacer sufrir al barco desplazamientos laterales y paralelamente á la dirección que llevaba y sigue conservando, por los cuales, ni la aguja imantada ni el giróscopo motivarán indicación alguna y, sin embargo, la nueva dirección que llevará podrá no ser la del barco enemigo por ejemplo, puesto que se habrá movido el submarino en una trayectoria paralela que le conducirá algunos metros á derecha ó izquierda de su objetivo. Al tratar de la táctica del submarino, veremos que cuando se crea situado en sumersión á distancia conveniente del barco enemigo para comenzar su ataque, debe emerger parcialmente á la superficie, corregir bien y rápidamente su rumbo y de este modo podrá hacer eficaz el efecto de su disparo.

El problema de la visión para un submarino totalmente sumergido, se encuentra sin resolver, porque para ello necesitaría encontrar con luz el elemento que cruza, y esto es difícil de conseguir. En algunos casos se ha realizado iluminando una zona estrecha que constituía un paso obligado y difícil cuando su situación no está muy distante de una plaza.

El procedimiento de iluminación submarina aplicable á pasos en puertos y canales, consiste en conducir el flúido eléctrico por cables que bordean el puerto ó las dos orillas del canal, cauce ó paso, y se colocan en su fondo. Desde estos cables subirán provistas de boyas ó flotadores lamparitas de hilo incandescente con reflectores ; estas lamparitas resultarán colocadas á una profundidad conveniente, iluminando las capas de agua que convenga, y en la superficie, que aparecerá iluminada, se dibujará perfectamente con su luz, su paso que servirá á la vez de guía á los barcos para poder entrar sin peligro de noche, y á los submarinos para recorrerlo en sumersión.

Un generador de flúido situado en la plaza, alimentará las lamparitas, pudiendo regularse fácilmente su intensidad, encenderlas y apagarlas conforme se desee.

Desde luego se comprende que únicamente en casos particulares y muy contados será práctico este procedimiento.

ARMAMENTO DEL SUBMARINO.

Mucho se ha tratado sobre el arma con que los barcos submarinos deben atacar, además de hacerlo con el torpedo automático, cuya adopción ni un instante de duda ha producido en nadie.

Se pensó al principio en dotar al barco submarino de un espolón en la proa, con el objeto de poder perforar los barcos en un punto de su carena muy por debajo de la línea de flotación y echarlos á pique. Tal función ofensiva resulta inadecuada para los submarinos, porque ni tienen masa suficiente para que el choque produzca lesión importante al barco, ni velocidad bastante para que la expresión mv^2 , es decir, su masa por el cuadrado de su velocidad, adquiera el valor de un verdadero recurso ofensivo.

Además, el choque brusco que el submarino daría contra el barco enemigo perjudicaría más al primero que al segundo, estropeando una gran parte de los delicados instrumentos que indispensablemente necesita el submarino, como son las brújulas, los periscopios, péndulos, aparatos reguladores, pudiendo conmovier y hasta desmontar las máquinas.

Artillería en los submarinos.—La idea de dotar estos barcos de piezas de corto calibre, ni es nueva ni injustificada; pero las dificultades con que se tropieza para llevar su realización á la práctica, ha sido la verdadera causa de que hasta ahora no se haya instalado en los barcos submarinos artillería de ninguna clase.

Decimos que no es nueva, porque en uno de los barcos contruidos por *Nordenfeld*, se colocaron dos ametralladoras, y sobre su justificación sólo diremos que, durante los extensos cruceros que sobre la superficie practican estos barcos, resulta algo anómalo para un buque de guerra el carecer de medios

para repeler una agresión, aun cuando sólo sea con el objeto de contener algo el ataque de un torpedero aislado, por ejemplo, y prepararse mientras para la inmersión.

Hay en el día críticos de tan reconocida competencia como el capitán Bacon, para los cuales está fuera de duda que los barcos submarinos llevarán muy en breve artillería de pequeño calibre y efectivamente, tenemos entendido que en los últimos submarinos que se están construyendo, tanto en Inglaterra como en Alemania y Francia, llevan ya piezas pequeñas con un montaje especial. Aun cuando la práctica sancione como buena la colocación de pequeña artillería en los submarinos, puesta en ensayo, según parece, por algunas naciones, constituirán solamente un recurso defensivo.

La principal cualidad de un barco submarino, y á la que debe su valor é importancia, es la *invisibilidad en el ataque*; por lo tanto, sólo los tubos neumáticos con que se lanzan los torpedos en inmersión, constituyen el arma incomparable de ataque para estos barcos, y únicamente para rechazar una agresión podrán llevar pequeñas piezas una vez resueltos satisfactoriamente los problemas que á su realización se oponen.

El último submarino construido por la casa americana *Lake*, va provisto de dos piezas de tiro rápido.

Tubos y aparatos lanzatorpedos.—El número de tubos fijos que cada barco submarino lleva, es muy variable, y suele hallarse en relación con su importancia, y sobre todo, con sus dimensiones.

Los sumergibles franceses llevan desde un tubo en la proa, hasta cuatro de que son portadores los últimos modelos.

Los submarinos ingleses de las series A, B y C llevan dos tubos, y á los de la serie D se les ha agregado un tercero en popa.

Los americanos modernos llevan cuatro tubos; dos los sumergibles italianos; dos y tres los rusos, siendo también muy variable la cantidad de torpedos automóviles de que, como dotación, van provistos: desde tres hasta seis y diez en algunos

barcos submarinos de grandes dimensiones últimamente **constru**ídos; dadas las características de los últimos submarinos y sumergibles en construcción, no se considera posible **pase** de cuatro el número de tubos que pueden instalarse.

Los medios que existen para disparar los torpedos **auto**móviles son de dos clases: tubos y aparatos de lanzamiento.

Los tubos se hallan colocados en el interior del barco, y con preferencia en la proa, saliendo de cada tubo el torpedo impulsado por el aire comprimido, de modo análogo á un proyectil ordinario.

Los aparatos para el lanzamiento van situados en el barco, exteriormente, á babor y estribor, incrustados, por decirlo así, en el casco; sujetan aquéllos el torpedo, que es abandonado á la acción del aire comprimido, combinado con el movimiento de sus hélices, después de haber hecho el oportuno giro, con el fin de que el torpedo adopte la conveniente dirección del ataque.

Las escasas dimensiones de la manga de estos barcos no permite la colocación de tubos á babor y estribor, yendo éstos, por lo tanto, á popa y á proa. En algunos submarinos van colocados detrás de la roda, para evitar pueda producirse explosión ó deterioro en el torpedo por efecto de una pequeña colisión.

Como puede verse en los planos de los submarinos tipo Whitehead, el torpedo va encerrado en su tubo, y éste va cubierto por su extremidad exterior é inferior, inclinado convenientemente y debajo de la línea de flotación.

Al ir á lanzar el torpedo se descubre la escotilla del tubo, y en el momento en que aquél, impulsado por la fuerza expansiva del aire comprimido, abandona el tubo, se precipita el agua en él, quedando encerrada, y como su peso es equivalente al del torpedo que contenía, no se altera la estabilidad longitudinal. Se cierra á continuación la escotilla exterior del tubo, pasa el agua á uno de los depósitos de lastre y otro torpedo á ocupar su puesto en el tubo. Cuando se hayan disparado

todos los torpedos que constituyan su armamento, se dejará lleno de agua el tubo para que no altere el equilibrio.

Aun cuando no se prestan las bordas de los barcos á la colocación de estos tubos, se puede disparar por el tubo de proa un torpedo, orientándolo de manera que al salir tome una dirección transversal. Á este fin va provisto el torpedo de un giróscopo, al cual se orienta en dirección al blanco, y este aparato obliga al torpedo á tomar el nuevo rumbo, haciéndole describir el correspondiente giro en el agua en cuanto sale del tubo que lo lanzó.

Una casa constructora americana tiene patentado un sistema de tubo lanzatorpedos, con el cual se lanzan dos casi á un tiempo. Los dos se hallan uno detrás del otro en el tubo, con una separación especial, y tiene este procedimiento la ventaja de dar un solo tubo el rendimiento de dos, economizándose una abertura en el casco, y, por lo tanto, una causa de posible avería.

Los tubos lanzatorpedos constituyen el procedimiento más seguro y eficaz de dispararlos, no pudiendo compararse respecto á garantías de acierto con los aparatos que háy para lanzarlos, de los cuales se hace, sin embargo, bastante uso, por las ventajas que ofrecen de no ocupar espacio.

Estos aparatos se llevan en las bordas del barco, y en su funcionamiento interviene favorablemente la presión del agua con el barco en marcha.

XIX

LA CAMPAÑA DE SANTIAGO DE CUBA

DESEMBARCO DEL ENEMIGO.*

La entrada de la bahía de Santiago de Cuba, presenta taludes escarpados, que llegan á 63 m. de altura en la costa del Este, donde se alza el Morro, y á 53 en la Socapa, al Oeste. El canal es largo, estrecho, tortuoso, difícil de salvar, y al fondo de la abrigada y extensa bahía en que termina, álzase la ciudad en forma de anfiteatro, cuya parte más elevada ocupan los cuarteles y el hospital militar.

La cuenca de la bahía es muy extensa. Limítanla las alturas de la Sierra Maestra, cuyos pasos señalan los puertos de Bayamo, Enramadas, Ermitaño, Boniato y Escandell, situados á más de 8 km. de la plaza. Las salidas principales por parte de tierra, son el camino del Cobre y de Palma Soriano; el de las minas, que se bifurca en dos, uno por las lagunas y Aguadores y otro por el derruido ingenio Sevilla á Siboney y Firmeza, buscando la costa, y el de Escandell, que pasa por el Caney. De Santigao arranca el ferrocarril de Sabanilla, que va por Cuabitas al Cristo y San Luis. Vías de agua sólo merecen mencionarse el río Purgatorio, que hacia el desemboque toma el nombre de río San Juan. De él abastece de agua la población, arrancando la tubería de una represa que existe en Cuabitas.

Todos los puertos, pasos, vías, etc., estaban defendidos por una serie de blockaus, que se extendían también por la costa y

* De "La Guerra Hispano-Americana; Santiago de Cuba," por Severo Gómez Núñez, Comandante de Artillería, Madrid, 1901.

región minera, obras de defensa contra la insurrección, pero sin solidez ni fuerza para contener otra clase de enemigo, hasta el punto de que un escritor extranjero, compara esta red de fuertes, con una *tela de araña*, por la debilidad que entrañaba.

A la derecha del Morro, abren al mar varias pequeñas ensenadas, cual las de Aguadores, Sardinero, Justici, Juragua, Juraguacito, Siboney y Daiquiri, y á la izquierda las de Cañas y Aserradero.

Dan acceso á la zona minera, las ensenadas de Juragua, Siboney y Daiquiri, esta última dotada de magníficos muelles de hierro para servicio de las minas de Vinent, utilizados en la carga de mineral.

Las minas de Juragua, tienen sus bocas en el poblado de Firmeza y disponen de un ferrocarril que sale á la costa, y llega á otro hermoso muelle de hierro situado en el interior de la bahía.

Esta región minera contaba con enormes recursos: almacenes, talleres, hospitales, botica, viviendas, situados en Daiquiri, Firmeza y Siboney, y para su defensa existían los blockaus y trincheras que nuestras tropas defendían, no obstante habernos sido siempre hostil el personal de aquellas grandes empresas americanas, á las que la generosidad de la administración española, eximía de todo tributo, pero que durante la guerra lo pagaban, según era voz pública, al enemigo, al que auxiliaban sus empleados y propietarios.

La misma vacilación que había predominado al lanzar las escuadras contra las costas de Cuba, existió también en el Gobierno americano cuando pensó en llevar tropas de desembarco. Á los buques de guerra, se les encargaba que no empeñasen combate contra las baterías. Á las fuerzas que se organizaban en Tampa, se les otorgaba la misión de efectuar reconocimientos sobre las costas y de avituallar, municionar y dirigir la acción de los insurrectos, evitando encuentros serios con las columnas españolas.

Confíose la organización expedicionaria al General Shafter: el ejército de su mando, debía componerse, con arreglo á las primeras órdenes, de ocho regimientos de Infantería regular, un regimiento de Caballería, una compañía de Ingenieros y ocho baterías de campaña, en total 5 á 6.000 hombres. La intención era abastecer á Máximo Gómez en un punto de la costa Sur occidental y después venir á tomar tierra en Mariel.

Tal proyecto fué abandonado desde el momento en que la escuadra de Cervera se encerró en el puerto de Santiago de Cuba. Esto obligaba á más grandes operaciones. Sólo dos veces se intentó lanzar tropas sobre Cuba antes del arribo de la escuadra española. Una sin éxito, el 13 de Mayo, sobre Cabañas, por el Coronel Dorst, quien á bordo del transporte *Gussie*, llevaba algunas compañías, que fueron rechazadas. Otra el 17 de Mayo, por el mismo Coronel, que transportó en el *Florida* al titulado General Lacret con 300 insurrectos, desembarcándolos al Este de la Habana.

El fatal suceso del embotellamiento de la escuadra, varió, como decimos, el plan de los americanos: Á Shafter, en 30 de Mayo, se le ordenó por el departamento de la Guerra, que partiese con sus fuerzas á tomar Santiago de Cuba, porque el Almirante Schley daba cuenta de haber visto dentro de aquel puerto la escuadra española.

Las instrucciones, más precisas, que recibió el 31, decían:

“Desembarcad en distintos puntos al Este y al Oeste de Santiago, bajo la protección de la escuadra como creáis conveniente; apoderáos de las alturas que dominan el puerto hacia el interior, en forma de capturar la guarnición española y de cubrir la escuadra mientras levanta los torpedos, ó bien con ayuda de la Marina procurad destruir la escuadra española. Emplead toda vuestra energía en conseguir este objeto, pues el Gobierno deja la elección del medio á vuestra voluntad. Podéis pedir á los insurrectos de las cercanías que cooperen, empleándolos principalmente como avanzadas y guías. No os confiéis á nadie extraño á vuestras tropas. Evitad con cuidado

las emboscadas, las sorpresas y las posiciones minadas ó dominadas por el fuego de los españoles. Cooperad estrechamente con la Marina. Terminada la operación, á menos que recibáis nuevas órdenes ó que creáis necesario seguir en Santiago de Cuba, reembarcad las tropas y dirigíos sobre el puerto de Banes (Puerto-Rico). ¿Cuándo partiréis?—Por orden del General *Miles, H. C. Corbín*, Ayudante general.”

En Tampa, Puerto Tampa, Ivor City, Jacksonville y otros puntos de La Florida, donde se concentraban las tropas americanas, todo era confusión, que no en balde se pretendía pasar de un ejército de 25.000 hombres á otro contingente mucho mayor, necesario para ir sobre Cuba.

El General Shafter, contestó que podía embarcar el 4 de Junio, después que el 6, y al fin tuvo que retrasarlo más, efectuándose el 14 la salida del convoy, formado por el V cuerpo de ejército, el que, convenientemente escoltado por algunos barcos de guerra, llegó á las costas de Santiago de Cuba el 20 á las diez de la mañana. La travesía, aunque con buen tiempo, se hizo con precauciones, pues los americanos habían creído ver antes de la partida, según partes del *Eagle* y del *Resolute*, barcos enemigos, que sólo existían en su imaginación.

El V cuerpo de ejército, al mando de Shafter, se componía de dos divisiones de Infantería, una de Caballería, sin caballos, desmontada, una brigada independiente y las tropas de Artillería, Ingenieros, globo cautivo, etc., que en junto sumaban 819 oficiales, 15.058 soldados, 30 secretarios, 272 conductores, 107 armeros y 89 *corresponsales* de periódicos.

El ganado de transporte era, 390 mulas de carga, 946 de tiro, 571 caballos de tropa, 381 caballos de oficial, 114 furgones de seis mulas, 81 carruajes ligeros y siete ambulancias.

La travesía se hizo en 35 barcos, que además llevaban dos buques-algibes, una plataforma y dos pontones á remolque, de los que se perdió uno en el camino. Sumaban entre todos, 153 embarcaciones menores, que podían contener 3.034 hombres.

Ya hemos dicho, que la inopinada confinación de la escuadra Cervera en Santiago de Cuba, varió el objetivo de los americanos, constreñido, al principio, en la Habana. Todo el esfuerzo iba á reconcentrarse sobre Santiago. El caso no era secreto. Además de ser lógica consecuencia de los sucesos, lo venían pregonando, *urbi et orbe*, los periódicos de los Estados-Unidos.

Refiriéndose á este asunto, *La Revue Militaire* de Enero de 1900, dice:

“Ninguna medida se tomó para detener ó contrarrestar este ataque inminente, del que dependía la suerte de la única escuadra que poseía España.* Es cierto que la parte Oriental de Cuba estaba casi toda entera en poder de la insurrección y que los movimientos eran difíciles por la falta de vías de comunicación; pero, con todo y con eso, se pudo efectuar una concentración de las fuerzas bastante considerables, dispersas por los principales lugares de la provincia; el éxito de la columna Escario, que partió de Manzanillo y entró en Santiago la víspera de ser investida por los americanos, lo demuestra. En Guantánamo se encontraban 6.000 hombres; en Holguín 12.000; en Manzanillo 6.000; pero todas esas fuerzas permanecieron inactivas, y el Teniente General Linares, Gobernador de Santiago, no dispuso para la defensa de la plaza más que de las tropas que formaban su guarnición; todavía éstas, quedaron desparramadas hasta el último momento en las posiciones que ocupaban, muy alejadas, y que no habían sido organizadas más que para tener á distancia las partidas insurrectas.” †

* No es exacto. En el lugar correspondiente de este libro, indicamos las medidas adoptados para defender aquella plaza; lo que pasa es que la defensa moderna exige tiempo y cañones, y ni una cosa ni otra había allí. Por eso resultó que no podía improvisarse lo improvisable.

† Hemos dejado establecido en nuestro libro *La Habana*, que á nuevo enemigo, convenía nueva clase de guerra, y en ella, la concentración era base principal de la lucha contra el ejército americano. El término de la campaña es muy posible que hubiera sido fatal para España, pero

El General Shafter y el Almirante Sampson, conferenciaron detenidamente á bordo del *Segurança*, tan pronto llegó el ejército expedicionario. Sampson, era partidario de que Shafter atacase los fuertes de la boca del canal por tierra, con objeto de que sus barcos pudieran entrar libremente después de levantar los torpedos, llegando á la bahía y destruyendo la escuadra de Cervera. Shafter no era apasionado de esa idea. Los dos se trasladaron al Aserradero, donde conferenciaron con Calixto García, quien les manifestó que el mejor punto de desembarco era Daiquiri, ofreciéndose á auxiliarles con 4.000 insurrectos cubanos armados.

La discrepancia entre Sampson y Shafter, resalta en las siguientes razones, que, escritas por este último, han sido publicadas en la Revista *Century*, y que demuestran hasta que punto veía clara la cuestión:

“Desde mi llegada en el *Segurança*, algunos oficiales de Marina patrocinaron la idea de que lo primero que debía hacerse era arrojar los españoles del Morro y de la Socapa, para permitir á la flota levantar las defensas submarinas y entrar en el puerto; pero en el momento en que me entrevisté con el General García, y después de examinar la naturaleza de las costas, me persuadí de que eso era insostenible. Mi objetivo debía ser Santiago y no el Morro. Era lógico suponer que las fuerzas españolas de la provincia se concentrarían sobre mí, si les daba tiempo: dirigiéndome sobre la ciudad directamente impedía esa concentración. Desde Manzanillo pudieron llegar 3.000 hombres el 3 de Julio; poco después ya me hallaba entre los sitiados y los 13.000 hombres de Holguín y San Luis. Marchar sobre el Morro era impracticable á causa de la naturaleza del terreno. . . Diré de otra parte, que la idea de que Cervera hubiera podido impedirnos ocupar la ciudad, carecía de sentido, porque la configuración del terreno es tal, que nos hubiéramos podido abrigar fácilmente contra nunca más fatal de lo que fué y acaso mucho más lucido y sensacional ante el mundo.

su tiro y tomar posiciones dominantes, que nos permitieran barrer las cubiertas de los buques españoles, con fuegos de Infantería y de cañón..... Bien lo comprendió Blanco, cuando le dió la orden de salir, persuadido de que la ciudad tenía que sucumbir.”

Aleccionado Shafter por los consejos de Calixto García, decidió que el desembarco fuese en Daiquiri, y el 21 de Junio transportó desde Aserradero á Cujababo, 2.000 m. al E.* de Daiquiri, 500 insurrectos mandados por Castillo, que tenían por misión atacar de revés á los españoles en el momento en que empezase el desembarco, que se fijó para el 22. Al mismo tiempo se acordó entre Sampson y Shafter, que la escuadra bombardease, simultáneamente con el desembarco, todas las posiciones de la costa, Daiquiri, Siboney, Aguadores, Morro, Cabañas, y que, en este último punto, 500 insurrectos, al mando del cabecilla Rabí, hicieran, á la vez, una demostración de ataque. Hecho el desembarco, todas las restantes fuerzas insurrectas de Calixto García se trasladarían á Daiquiri, y el ejército americano seguiría el camino que desde allí y Siboney conduce por Sevilla sobre Santiago de Cuba, emprendiendo lo más rápidamente posible el ataque de la plaza.

Las tropas, según órdenes de Shafter, desembarcarían en el orden siguiente:

“El General Lawton con la primera y segunda división y la batería de Gatlings. La brigada Bates como reserva de la segunda división. El General Wheeler con la división de Caballería á pie. El General Kent con la primera división. El escuadrón montado del segundo de Caballería.

“En el caso en que el enemigo hiciese resistencia enérgica, la artillería de campaña ó parte de ella, desembarcaría para sostener las tropas empeñadas en el combate. Si no había resistencia seria, la artillería no desembarcaría hasta después del escuadrón montado.

* E = Este.

“Todas las tropas llevarían enrollada, bajo su funda, la tienda-abrigo y la manta-poncho, víveres para tres días y 100 cartuchos por plaza. El resto de las municiones y los equipajes quedarían en los transportes, así como el personal que no fuese el indicado. Las embarcaciones para el transporte serían repartidas por el Cuartel-maestre general. Los oficiales del *Ordnance* desembarcarían una reserva de 100 cartuchos por plaza.”

Al iniciarse el desembarco, los barcos habrían de romper sus fuegos sobre las posiciones de la costa que, cual Siboney y Daiquiri, estaban ocupados por nuestras tropas. Mas éstas, obediendo órdenes seguramente encaminadas á evitar que fuesen envueltas, evacuaron Daiquiri, dándole fuego por algunos puntos, y sucedió, que inmediatamente, los 500 insurrectos, que como antes expusimos, habían desembarcado en Cujababo, tomaron posesión del poblado. Los cubanos que había á bordo del *Segurança* con Shafter, señalaron los incendios, pero bien sea porque la bruma, que en las primeras horas de la mañana cubría la costa, impidiera ver las señales que hicieron á la escuadra, ó porque todos estuviesen absorbidos por el papel que les tocaba representar aquel día, es lo cierto que nadie se preocupó de ese detalle, y á las nueve y cuarenta minutos, al ver partir el primer bote de desembarco, todos los buques americanos rompieron fuego nutrido contra las posiciones de la costa, que creían ocupadas por fuerzas españolas, fuego que duró treinta minutos y que causó tan sólo dos muertos á las fuerzas de Castillo, estacionadas en Daiquiri, desde el amanecer, las cuales no fueron reconocidas hasta que las primeras embarcaciones tomaron tierra.

El desembarco se efectuó, con absoluta tranquilidad, sin riesgo, como en tiempo de paz, sin más entorpecimiento para los americanos que los que se derivaban de la confusión producida por tantos elementos aglomerados, amontonados sobre la playa, y por la deficiencia de los medios de transporte, del escaso material flotante, pues según dice J. D. Miley en su libro

In Cuba with Shafter, "la falta de suficiente número de plataformas ó pontones fué causa de retardos, de inquietudes y de peligros, y si el tiempo se hubiese puesto malo ó si el enemigo hubiera opuesto resistencia seria, al desembarco, el resultado hubiese sido muy diferente." Este asunto ha dado lugar á un proceso en los Estados-Unidos, por consecuencia de las indicaciones del Comité de averiguación sobre la guerra con España (*Report* página 31).

Además del gran muelle de hierro que existía en Daiquiri para el embarque de mineral, el cual no pudo ser usado por el enemigo por su gran elevación, había otro de madera de 10 m. de largo por 5 de ancho, al que sólo podían atracar las embarcaciones cuyo calado no pasase de 2'50 m. Este último, fué reconstruído por los ingenieros americanos, en poco tiempo, pues aun cuando había sido incendiado, sólo tenía quemadas algunas tablas, y á él atracó el transporte *Cumberland*, el pontón plataforma llevado desde Tampa y las embarcaciones menores que remolcaban los botes de vapor de la escuadra, mas á pesar de ello, el desembarque de hombres era muy difícil á marea baja, principalmente por la tarde, en que empezó á picarse el mar.

Las dos compañías de ingenieros del ejército americano, transportaron maderas sobre el *Alamo* y 12 pontones y 15 caballetes Birago* y una gran cantidad de herramientas. El material Birago no tuvo aplicación, pero el día 23 estas tropas de ingenieros comenzaron un embarcadero en Siboney, trabajo que se interrumpió el 24 por tener que trasladarse los ingenieros á Aserradero para construir un muelle destinado al embarque de los cubanos; luego volvieron á Siboney para agrandar el muelle existente y construir un embarcadero de circunstancias de 40 m. de largo, formado por grandes cajones de madera calafateados y lastrados con piedras, que apoya-

* The bridge-train of our army is substantially that invented by Baron Charles de Birago, an Italian officer, early in the Nineteenth Century.

ban en el fondo y sostenían la plataforma. Después arreglaron los ingenieros el camino de Siboney á Sevilla.*

También Siboney había sido evacuado, después del bombardeo, que ocasionó la muerte de su Comandante militar, el Capitán movilizado D. Luis Bellini, hijo de Cuba, por cuya razón ordenó Shafter que siguiese la segunda división hacia aquel lugar, donde entró sin resistencia el 23 por la mañana. En tanto, el cabecilla Castillo hostilizaba nuestras avanzadas hacia Sevilla.

De manera que el 22, sólo pudieron desembarcar unos 6.000 hombres, y toda la expedición no quedó en tierra hasta el 24 por la noche, menos una brigada de la división Kent, que lo hizo el 25, siendo tal el barullo, que, según el *Army and Navy Journal* de 29 Octubre de 1898, no sabía Shafter ni su Estado Mayor dónde tenía una brigada entera, que quedaba á 8 millas de la costa en los transportes. Hubo batería que llevaba sus caballos y cañones en un transporte y las municiones en otro. El desembarco de la artillería de campaña, tuvo lugar el 26 por consecuencia de la dificultad que había para reunir las alzas, arneses, y los distintos elementos diseminados en diferentes transportes. La artillería de sitio quedó á bordo por orden de Sampson, no desembarcándose hasta el 2 de Julio, en que éste creyó necesitarla delante de Santiago, donde antes le hubiera sido muy útil.

CANEY.

El General Shafter, con su jefe de Estado Mayor Teniente Coronel Mac Clernard y el jefe de Ingenieros Coronel Derby, salió del Cuartel general, que estableció en La Redonda, el día 30 de Junio y practicó un reconocimiento visual, desde las alturas de El Pozo, de nuestras posiciones sobre loma San Juan y márgenes del río Aguadores. Los Generales Lawton

* Relación de M. E. J. Chibas, ayudante del jefe de Ingenieros del 5.º cuerpo. (*Engineering News.*)

y Chafee, hicieron aquel mismo día reconocimientos hacia El Caney, y dieron cuenta á Shafter de que, con artillería, creían poder reducirlo en dos ó tres horas, pues la posición carecía de ella.

Estaba guarnecido el Caney por 419 hombres del regimiento de la Constitución, que con alguna otra fuerza de Asia, constituían el mando del General Vara de Rey, cuya consigna era impedir que el enemigo, corriéndose por aquel lado, se apoderase de la represa de las aguas establecida en Cuabitas, para suplir de ellas á Santiago, y de la vía férrea que unía á la plaza con varios poblados en que había siembras y por los cuales tenía que llegar el General Escario desde Manzanillo.

El Caney es un caserío de alguna importancia, situado en una eminencia á 6 km. sobre el camino que desde Santiago de Cuba sale por Escandell, á la entrada del puerto de dicho nombre. Las casas, se agrupan alrededor de la plaza en forma de cuadrilongo, cuyos lados menores ocupaban la iglesia y la Comandancia militar. Resultaba la posición completamente dominada por otras muy cercanas de la sierra de Escandell, y por lo tanto, era insostenible en el ataque de artillería. Sus defensas se reducían á cuatro blockaus de madera y un fuerte de piedra denominado El Viso, obras que sólo servían para contener á los insurrectos. Cuando en los años 1895 y 1896, recorrimos aquellos lugares, sólo había en El Caney una guerrilla, y la aproximación de los insurrectos era tal, que desde el pueblo se veía el humo que producía su prefectura de Canasí en la sierra de Escandell y se distinguían las trincheras del enemigo; su importancia podía entonces calcularse por la conveniencia de poseer el camino de Escandell que comunicaba con Guantánamo.

Tres caminos afluyen sobre El Caney desde las posiciones americanas: Uno que partiendo al N.* de la calzada de Siboney á Santiago, por la Redonda, salía al E. del poblado á una senda que atravesaba la sierra por Escandell hasta Guantánamo;

* N = Norte.

otro desde El Pozo á Marianage atravesando el río Guamas, y salía cerca de Ducoureau en el camino de Santiago á Caney; otro partía de una senda que unía esos dos y venía hasta el fuerte El Viso.

Con todos estos datos, decidió Shafter que el día 1.º de Julio la división Lawton (5.379 hombres) atacase al Caney, agregándole la batería del Capitán Capron, y una vez empeñado el combate, avanzaría él con el resto del ejército sobre las posiciones de San Juan. El movimiento empezó el 30 á las cuatro de la tarde y hasta las doce de la noche no quedaron las fuerzas en sus sitios; fué tal el desorden de aquellos 15 regimientos en movimiento por un camino tan estrecho, que hubo alguno que tardó cuatro horas en recorrer 4 km. (*Report* del Teniente Coronel Wherry.)

Al amanecer del día 1.º la posición de las fuerzas americanas era: Tercera brigada (Chaffee) sobre la senda del Caney á Guantánamo; primera brigada (Ludlow), detrás, y á la izquierda, la batería del Capitán Capron, á 2 km. al N. de Marianage, la que llevaba de sostén al primer regimiento de la segunda brigada (Miles), la cual tenía los otros dos regimientos cerca de El Pozo, sobre la orilla derecha del río Aguadores.

En cuanto á los insurrectos, se ordenaba á Calixto García que trasladase sus fuerzas el 1.º por la mañana al N. de Santiago, para cortar la retirada de los defensores de la plaza y oponerse á la llegada de refuerzos, dejando 200 hombres con Lawton para coadyuvar al ataque del Caney y otros 200 para operar sobre San Juan.

Pretendía Lawton tomar Caney en un par de horas, pero pronto salió de su error: allí estaba el General Vara de Rey y sus 500 hombres, indomables, heroicos: los americanos fueron dueños de El Caney cuando sólo quedaban 80 defensores magullados y destrozados que se retiraron por la sierra, los demás, muertos ó heridos, habían caído al lado de su General.

Pero no debemos ser historiadores de ese sublime rasgo de valor. Dejemos la palabra al Capitán Wester, agregado militar á la Legación de Suecia y Noruega en Washington, testigo presencial de los hechos, quien los describe con sin igual entusiasmo.

“ El 1.º de Julio, al punto del día, la división Lawton comienza su movimiento de avance hacia El Caney; la confianza reina en el campo americano, donde el único temor consiste en que el enemigo se escape sin combatir; pero en El Caney, como se verá, están muy lejos de pensar así.

“ Las casas del pueblo han sido aspilleras, se han abierto trincheras en un terreno pedregoso, y el fuego de unas y otras es rasante sobre un espacio de 600 á 1.200 m.; en la punta Nordeste de la posición, el fuerte de El Viso, guarnecido con una compañía, ocupa una colina desde la cual se dominan todos los aproches.

“ Los americanos se proponían envolver la posición española, para lo cual la brigada Chaffee se dirigió desde el Noroeste hacia El Viso, la de Ludlow, desde el Sudoeste hacia la desembocadura del camino que une El Caney con Santiago, mientras que una batería se colocó en posición al E. del pueblo, y la brigada Miles ocupa al S.* Ducoureaux (†), formando el ala izquierda.

“ Hacia las seis de la mañana comenzó el fuego de las trincheras españolas; de improviso se descubre sobre ellas una línea de sombreros de paja; inmediatamente el ruido de una descarga, seguido de la desaparición de los sombreros; esta operación se repite cada minuto, observándose una gran regularidad y acción de una voluntad firme, lo que no deja de producir una profunda impresión en la línea de exploradores americanos; las balas cruzan el aire, rasando el suelo, hiriendo y matando.

“ Poco tiempo después, toda la brigada Chaffee se encontró

* S = Sur.

desplegada, pero sin poder avanzar un paso, y la de Ludlow se vió también detenida.

“Mientras el fuego de la Infantería aumenta progresivamente, la batería americana comienza á disparar. Como los españoles no cuentan en El Caney con un sólo cañón, el fuego puede hacerse con la misma tranquilidad que en un campo de maniobras: las piezas pueden hacer daño, sin peligro alguno de recibirlo.

“A los pocos momentos las granadas estallaban por encima de las trincheras, alcanzaban las casas del pueblo y perforaban los muros de El Viso, proyectando los shrapnels su lluvia de plomo sobre la posición; mas, á pesar de todo, en el fuego español se observa igual continuidad é igual violencia.

“Delante de El Viso se descubría un oficial peseándose tranquilamente á lo largo de las trincheras: fácil es comprender que el objeto de este peligroso viaje en medio de los proyectiles de que el aire está cruzado no es otro sino animar con el ejemplo á los bravos defensores; se le vió, de cuando en cuando, agitar con la mano su sombrero y se escuchaban aclamaciones. ¡ Ah, sí! ¡ Viva España! ¡ Viva el pueblo que cuenta con tales hombres!

“Las masas de Infantería americana se echaban y apretaban contra el suelo hasta el punto de parecer clavadas á él, no pudiendo pensar en moverse á causa de las descargas que la pequeña fuerza española les enviaba á cada instante. Se hizo preciso pedir socorros, y hacia la una avanzó Miles desde Ducoureau, entrando en línea á la derecha de Ludlow, y hacia las tres la cabeza de la brigada de reserva se desplegaba á la derecha de Chaffee; pero en lo alto de las trincheras el chisporroteo de los Maüser se escuchaba siempre.

“Por fin, á las tres y treinta y seis minutos la brigada Chaffee se lanza al ataque contra El Viso; pero queda al principio detenida al pie de la colina, y no invade el fuerte sino después de un segundo y violento empuje.

“ Los españoles ceden lentamente el terreno, demostrando con su tenacidad en defenderse lo que muchos militares de autoridad no han querido nunca admitir. Que una buena Infantería puede sostenerse largo tiempo bajo el fuego rápido de las armas de repetición. ¡El último soldado americano que cayó fué herido á 22 pasos de las trincheras!

“ Aunque la clave de la posición estaba conquistada, la faena continuaba. Yo seguí, con el corazón oprimido por la emoción, todas las peripecias de esta furiosa defensa y de este brusco ataque.

“ Desde El Viso, una vez ocupado, las tropas americanas comienzan á tirar sobre el pueblo, que es también en este momento el objetivo de la brigada Ludlow; pero la ocupación no se efectuó hasta las cuatro y media, hora en que los últimos españoles abandonaron las casas para recomenzar el fuego desde una colina situada 600 m. al O.*

“ ¡Admirable obstinación de resistencia, á la que todos contribuyen hasta el último instante!

“ El ruido del combate no cesó sino cuando el sol estaba á punto de ponerse. Durante cerca de diez horas 500 bravos soldados resistieron unidos y como encadenados sin ceder un palmo de terreno á otros 6.500 provistos de una batería, y les impidieron tomar parte en el principal combate contra las alturas del monte San Juan.”

La admiración que en el mundo entero han despertado aquellos heroicos defensores de El Caney, resalta en los siguientes elogios que les dedica otro escritor, *Henry Cabot Lodge*, en su libro *The War with Spain*:

“ . . . desesperados, rodeados como ellos estaban, aparecían con un coraje y una indiferencia al peligro, que hace recordar á los defensores de Zaragoza y de Gerona. Se sabe que los soldados españoles han sido con frecuencia citados como modelo, pero en este caso, desplegaron tal fortaleza,

* O = Oeste.

como en los días, en que hace tres centurias, era considerada la Infantería española como la más brava y mejor de Europa. De que esta tradición es justa, ofrece El Caney un ejemplo brillante.”

Los americanos tuvieron cuatro oficiales y 84 soldados muertos, y 24 oficiales y 332 soldados heridos. Su fuerza era de más de 6.000 hombres.

El General Vara de Rey, herido grave, con las dos piernas atravesadas, había entregado el mando al Teniente Coronel D. Juan Puñet, y era conducido por un grupo en camilla, por el camino de Caney á San Miguel de Lajas, verdadero callejón tenebroso, enterrado, indefendible, que hemos recorrido hace años al hacer estudios de aquel terreno. Su cuerpo, hubiera sido salvado por los restos de los defensores de El Caney, pero á su encuentro salió el enemigo, que hizo fuego sobre la camilla, rematando al General y acabando con los que le conducían. . . .

Un oficial, que se hallaba presente en los supremos momentos del combate, nos refiere que todos los heridos que se pudieron salvar, iban sobre las acémilas, á excepción del General, que era llevado en camilla. De pronto, una descarga del enemigo mató á los cuatro soldados que la transportaban, que fueron reemplazados por otros cuatro, los que en breve quedaron también muertos, repitiéndose la terrible escena tres ó cuatro veces, hasta que al fin, entre muertos y heridos, quedaron los gloriosos despojos de Vara de Rey acribillado á balazos: en aquellos instantes fué gravemente herido su hermano D. Antonio, muerto el otro ayudante Primer Teniente Domínguez, y herido su jefe de Estado Mayor, Capitán Ramos.

Los americanos recogieron el cadáver del General y le tributaron, al darle supultura, los honores militares que correspondían á su jerarquía, llenos de admiración por el héroe.

El Teniente Coronel de Infantería D. Juan Puñet, jefe del batallón de la Constitución, organizó la retirada, tomando

posición para proteger la de los heridos, en una colina fuera del pueblo, sobre el camino de Cuabitas, desde la cual contuvo á los americanos, llegando á Santiago de Cuba á las ocho de la noche con 80 hombres, que se abrieron paso á través del enemigo. A este jefe corresponde parte de la gloria de aquella jornada.

PARTÉ DEL ALMIRANTE CERVERA SOBRE LA DESTRUCCIÓN DE LA FLOTA ESPAÑOLA.

El Almirante Cervera al General en Jefe (Blanco).—Excmo. é Ilmo. Sr.:* En cumplimiento de las órdenes de Vuecencia ilustrísima, con la evidencia de lo que había de suceder y tantas veces había anunciado, salí de Santiago de Cuba con toda la escuadra que fué de mi mando, en la mañana del 3 del corriente Julio.

Las instrucciones dadas para la salida eran las siguientes: El *Infanta María Teresa*, buque de mi insignia, había de salir el primero, siguiéndole sucesivamente el *Vizcaya*, *Colón*, *Oquendo* y destructores. Todos los barcos tenían† todas sus calderas encendidas y con presión. Al salir el *Teresa* empuñaría el combate con el enemigo que estuviera más á propósito, y los que le seguían procurarían dirigirse al O. á toda fuerza de máquina, tomando la cabeza el *Vizcaya*. Los cazatorpederos habían de mantenerse, si podían, fuera del fuego, expiar un momento oportuno para obrar, si se presentaba, y tratar de escapar con su mayor andar, si el combate nos era desfavorable.—Los buques salieron del puerto con una precisión tan grande, que sorprendió á nuestros enemigos, quienes nos han hecho muchos y muy entusiastas cumplimientos sobre el particular. Tan pronto como salió el *Teresa* rompió el fuego á las 9^h 35^m sobre un acorazado que estaba próximo, pero dirigiéndose á toda fuerza de máquina sobre el *Brooklyn*, que

* Excelentísimo é Ilustrísimo Señor.

† Tenían—presión, had steam up.

se encontraba al SO. y que nos interesaba tratar de poner en condiciones de que no pudiera utilizar su superior andar. Los demás buques empeñaron el combate con los otros enemigos que acudían de los diversos puntos donde estaban apostados. La escuadra enemiga constaba aquel día de los siguientes buques frente á Santiago de Cuba: *New-York*, insignia del Contralmirante Sampson; *Brooklyn*, insignia, del Comodoro Schley; *Iowa*, *Oregon*, *Indiana*, *Texas* y varios buques menores, ó mejor dicho, trasatlánticos y yates armados.—Realizada la salida se tomó el rumbo mandado, y el combate se generalizó con la desventaja, no sólo del número, sino del estado de nuestra artillería y municiones de 14 cm. que conoce V. E.* por el telegrama que le puse al quedar á sus órdenes. Para mí no era dudoso el éxito, por más que alguna vez creí que no sería tan rápida nuestra destrucción.

Al *Infanta María Teresa*, un proyectil de los primeros le rompió un tubo de vapor auxiliar, por el que se escapaba mucho, que nos hizo perder la velocidad con que se contaba; al mismo tiempo otro rompía un tubo de la red de contra-incendios. El buque se defendía valientemente del nutrido y certero fuego del enemigo, y no tardó mucho en caer entre los heridos su valiente Comandante Capitán de Navío D.† Victor M. Concas, que tuvo que retirarse, y como las circunstancias no permitían perder un segundo, tomé por mí mismo el mando directo del buque esperando ocasión de que pudiera llamarse al segundo Comandante, pero ésta no llegó, porque el combate arreciaba, los muertos y heridos caían sin cesar, y no había que pensar en otra cosa que en hacer fuego en tanto que se pudiera.

En tal situación, teníamos fuego en mi cámara, donde debieron hacer explosión algunos de los proyectiles que allí había para los cañones de 57 mm.; vinieron á participarme haberse prendido fuego el cangrejo de popa y caseta del puen-

* V. E. = Vuestra Excelencia.

† D = Don.

te de popa, al mismo tiempo que el incendio iniciado en mi cámara se corría al centro del buque con gran rapidez, y como no contábamos con agua,* fué tomando cada vez más incremento, siendo impotentes nosotros para atajarlo. Comprendí que el buque estaba perdido y pensé desde luego en dónde lo vararía para perder menos vidas, pero continuando el combate en tanto que fuera posible.

Desgraciadamente, el fuego ganaba terreno con mucha rapidez y voracidad, por lo que envié uno de mis ayudantes con la orden de que se inundasen los paños de popa, encontrándose éste ser imposible penetrar en los callejones de las cámaras á causa del mucho humo y del vapor que salía por la escotilla de la máquina donde también le fué absolutamente imposible penetrar, á causa de no permitir la respiración aquella abrasadora atmósfera; por tanto fué necesario dirigirnos á una playita al O.† de Punta Cabrera, donde embarrancamos con la salida, al mismo tiempo que se nos paraba la máquina; era imposible subir municiones ni nada que exigiera ir bajo la cubierta acorazada, sobre todo á popa de las calderas, y en tal situación no había que pensar más que en salvar la parte que se pudiera de la tripulación, de cuya opinión fueron el segundo y tercer Comandantes y los Oficiales que se pudieron reunir, á los que consulté si creían que podía continuar el combate, contestando que no.

En tan penosa situación, habiendo empezado las explosiones parciales de los depósitos de las baterías, di orden de arriar la bandera é inundar todos los paños; la primera no pudo ejecutarse á causa del terrible incendio que había en la toldilla, habiéndose quemado al poco rato.—Ya era tiempo: el fuego ganaba con mucha rapidez y apenas hubo el suficiente para abandonar el buque, cuando ya el fuego llegaba al puente de proa, y eso ayudados por dos botés americanos que llegaron como tres cuartos de hora después de la embarrancada.

* "As we had no water" (to fight the fire).

† O = Oeste.

Entre los heridos están el Teniente de Navío D. Antonio López Cerón y Alférez de Navío D. Angel Carrasco y faltan el Capitán de Infantería de Marina D. Higinio Rodríguez, al que creo mató un proyectil, el Alférez de Navío D. Francisco Linares, el segundo Médico D. Julio Díaz del Río, el Maquinista Mayor de primera clase D. Juan Montero y el de segunda D. José Melgares, cuyo cadáver salió á la playa.—El salvotaje se hizo tirándose al agua los que sabían nadar, intentando tres veces llevar una guía á tierra, lo que sólo se consiguió á última hora y ayudados por los dos botes americanos de que llevo hecho mención. Nosotros arriamos un bote que parecía bueno é inmediatamente se fué á pique, y se echó al agua un bote de vapor, que sólo pudo hacer un viaje porque también se fué á pique por efecto de las averías que tenía, al intentar volver á bordo segunda vez, quedando agarrados á él los tres ó cuatro hombres que lo llevaban y que se salvaron unos á nado y otros los recogió un bote americano.

El Comandante, ayudado por buenos nadadores, había ido á tierra; el segundo y tercero dirigían á bordo el embarco, y necesitándose dirección en tierra, cuando ya venían los botes americanos, yo me fuí á nado, ayudado por dos cabos de mar llamados Juan Llorca y Andrés Sequeiro y mi hijo y ayudante, Teniente de Navío D. Angel Cervera.

Concluído el desembarco de la gente, fuí invitado por el Oficial americano que mandaba los botes de seguirle á su buque, que era el yate armado *Gloucester*, á donde fuí acompañado de mi Capitán de bandera, herido, de mi hijo ayudante y del segundo del buque, que fué el último que lo abandonó.

Durante este período, el aspecto del buque era imponente, porque se sucedían las explosiones y estaba para aterrorizar á las almas mejor templadas.—Nada absolutamente creo que pueda salvarse del buque, y nosotros lo hemos perdido todo, llegando la inmensa mayoría absolutamente desnudos á la playa.—Pocos minutos después que el *Teresa*, embarrancaba el *Oquendo*

en una playa como á media legua al O. de él, con un incendio parecido al suyo, y se perdieron de vista por el O. el *Vizcaya* y el *Colón*, perseguidos por la escuadra enemiga.—Según me ha manifestado el Contador del *Oquendo*, único Oficial que está en el mismo buque que yo, la historia de este desgraciado buque y su heroica tripulación es la siguiente, que tal vez se rectifique algo, pero sólo en detalles, no en el fondo de los hechos.

El desigual y mortífero combate sostenido por este buque, se hizo más desigual aún porque al poco tiempo de comenzado, un proyectil enemigo entró en la torre de proa matando á todo el personal de ella, menos un artillero que quedó muy mal herido.—A la batería de 14 cm., barrida por el fuego enemigo desde el principio, sólo le quedaron dos cañones útiles con los que continuó defendiéndose con una energía incomparable.—También la torre de popa quedó sin su Oficial-Comandante, muerto por un proyectil del enemigo que entró al abrir la puerta para poder respirar, porque se asfixiaban dentro.—No conoce el Contador la historia de la batería de tiro rápido, y sólo sabe que disparaba, seguramente, lo mismo que toda esta valiente tripulación.—Hubo dos incendios: el primero, que se dominó, ocurrió en el sollado de proa, y el segundo que se inició á popa, no se pudo dominar, porque ya no daban agua las bombas, quizá por las mismas causas que en el *Teresa*.

Los ascensores de municiones de 14 cm. faltaron desde el principio, pero no faltaron municiones en la batería, mientras que pudo batirse, por los repuestos, que á prevención, se habían puesto en todos los buques.—Cuando el valiente Comandante del *Oquendo* vió que no podía dominar el incendio y no tenía ningún cañón en estado de servicio, fué cuando se decidió á embarrancar, mandando previamente disparar todos los torpedos, menos los dos de popa, por si se acercaba algún buque enemigo, hasta que llegado el último extremo, mandó arriar la bandera, minutos después que el *Teresa* y previa la consulta á aquellos Oficiales que estaban presentes. Los

Comandantes segundo y tercero y tres Tenientes de Navío habían ya muerto. El salvamento de los supervivientes fué organizado por su Comandante, que ha perdido la vida por salvar la de sus subordinados. Hicieron una balsa, arriaron dos lanchitas, únicas embarcaciones que les quedaban útiles, y últimamente fueron auxiliados por embarcaciones americanas, y según me dijo un insurrecto con quien hablé en la playa, también les auxilió un bote que éstos tenían.—Sublime era el espectáculo que presentaban estos dos buques; las continuas explosiones que se sucedían sin cesar, no acobardaban á estos valientes, que han defendido sus buques hasta el punto de no haber podido ser hollados por la planta de ningún enemigo.—Cuando fuí invitado por el Oficial americano á seguirlo, según digo á V. E. I.* anteriormente, dí instrucciones para el reembarco al tercer Comandante D. Juan Aznar, á quien no he vuelto á ver desde entonces.—Al llegar al buque americano, que era el yate armado *Gloucester*, encontré allí una veintena de heridos, pertenecientes en su mayor parte á los cazatorpederos, los Comandantes de éstos, tres Oficiales del *Teresa*, el Contador del *Oquendo* y nos reunimos entre todos hasta 93 personas, pertenecientes á las dotaciones de la escuadra.—El Comandante y Oficiales del yate nos recibieron con las mayores atenciones, esforzándose por atender á nuestras necesidades, que eran de todo género, porque llegábamos absolutamente desnudos y hambrientos; me manifestó el Comandante, que como su buque era tan pequeño, no podía recibir aquella masa de gente, é iba á buscar un buque mayor que los embarcara.—Los insurrectos, con quienes yo había hablado, me habían dicho que con ellos tenían unos 200 hombres, entre los que había cinco ó seis heridos, y me añadieron de parte de su Jefe que si queríamos irnos con ellos, les siguiéramos y nos auxiliarían con lo que ellos tenían, á lo que les contesté que dieran las gracias á su jefe y le dijeran que nosotros nos habíamos rendido á los americanos; pero que si tenían médico, les

* V. E. I. = Vuestra Excelencia Ilustrísima.

agradecería que curara á una porción de heridos que teníamos en la playa, algunos de ellos muy graves.

Al Comandante del yate le comuniqué esta conversación con los insurrectos y le supliqué reclamara nuestra gente, lo que me prometió, enviando al efecto un destacamento con bandera. También envió algunos víveres de que tan necesitados estaban en la playa.

Seguimos después hacia el O. hasta encontrar el grueso de la escuadra, de la que se destacó el crucero auxiliar *Paris*, y nuestro yate siguió hasta frente á Cuba,* donde recibió órdenes, con arreglo á las que, unos fuimos trasbordados al *Iowa* y otros lo fueron á otros barcos, de ellos, los heridos al buque hospital.

Durante mi permanencia en el yate, pedí a los Comandantes de los caza-torpederos noticia de la suerte que les había cabido, teniendo el sentimiento de saber su triste fin.

De lo ocurrido al *Furor*, puede V. E. I. enterarse detalladamente por la adjunta copia del parte de su Comandante; en él encontró una muerte gloriosa el Capitán de Navío D. Fernando Villaamil, y el número de bajas acredita cómo se ha conducido este pequeño buque, cuyo Comandante también fué herido levemente.

También acompaño á V. E. I. copia del parte que me ha producido el Comandante del *Plutón*, quien también está herido en un pie y cuyo buque tiene en este día una historia tan gloriosa como su compañero, y ambos como no puede pedir más ni el más exigente.

Cuando llegué al *Iowa*, donde fuí recibido con toda clase de honores y consideraciones, tuve el consuelo de ver en el portalón al bizarro Comandante del *Vizcaya*, que salió á recibirme con su espada ceñida, porque el Comandante del *Iowa* no quiso que se desprendiera de ella en testimonio de su brillante defensa. Adjunta es también copia del parte que me ha producido, por el cual vendrá V. E. I. en conocimiento de esta his-

* i. e. Santiago de Cuba, the name of the Saint being usually omitted.

toria tan parecida á la de sus hermanos *Teresa* y *Oquendo*, lo que prueba los mismos defectos han producido las mismas desgracias, habiendo sido todo cuestión de tiempo.

En el *Iowa* estuve hasta el 4 por la tarde en que fuí trasladado al *San Luis*, donde encontré al General segundo Jefe y Comandante del *Colón*.

Cuando estando aún en el *Iowa* se incorporó el Almirante Sampson, le pedí permiso para telegrafiar á V. E. I., haciéndolo en los siguientes términos:

“En cumplimiento de las órdenes de V. E., salí ayer mañana de Cuba con toda la escuadra, y después de un combate desigual contra fuerzas más que triples de las mías, toda mi escuadra quedó destruída, incendiados y embarrancados *Teresa*, *Oquendo* y *Vizcaya* que volaron; el *Colón*, según informes de los americanos, embarrancado y rendido; los cazatorpederos á pique. Ignoro aún las pérdidas de gente, pero seguramente suben de 600 muertos y muchos heridos, aunque no en tan grande proporción. Los vivos somos prisioneros de los americanos. La gente toda rayando á una altura que ha merecido los plácemes más entusiastas de los enemigos. Al Comandante del *Vizcaya* le dejaron su espada. Estoy muy agradecido á la generosidad é hidalguía con que nos tratan. Entre los muertos está Villaamil y creo que Lazaga; entre los heridos Concas y Eulate. Hemos perdido todo y necesitaré fondos.—
CERVERA.—4 de Julio 98.”

En cuyo telegrama hay que rectificar la suerte del *Plutón*, que no fué echado á pique, sino que, sin poderse sostener á flote, consiguió embarrancar como V. E. I. verá en el parte de su bizarro Comandante.

Una vez en el *San Luis*, el General segundo Jefe y el Comandante del *Colón* me enteraron de su triste suerte, produciendo el primero el parte de que acompaño copia también, absteniéndome de comentarios, que huelgan respecto á un parte producido por este distinguido General, de hechos ocurridos fuera de mi vista.

Réstame decir á V. E. I., para completar los rasgos característicos de esta lúgubre jornada, que nuestros enemigos se han conducido y se conducen actualmente con nosotros, con una hidalguía y delicadeza que no cabe más; no sólo nos han vestido como han podido, desprendiéndose de efectos, no sólo del Estado, sino de propiedad particular, sino que han suprimido la mayor parte de los "hurras" por respeto á nuestra amargura; hemos sido y somos objeto de entusiastas felicitaciones por nuestra acción, y todos, á porfía, se han esmerado en hacernos nuestro cautiverio lo más llevadero posible.

Ignoro aún las pérdidas de gente, por estar repartidos en diversos buques, pero estarán en las ideas que hace concebir el telegrama antes inserto.

En resumen: la jornada del 3 ha sido un desastre horroroso, como yo había previsto; el número de muertos es, sin embargo, menor del que yo temía; la Patria ha sido defendida con honor y la satisfacción del deber cumplido deja nuestras conciencias tranquilas, con sólo la amargura de lamentar la pérdida de nuestros queridos compañeros y las desdichas de la Patria.

A bordo de este buque hay, además del segundo Jefe y yo con nuestros ayudantes, un Jefe, cuatro Oficiales y 32 individuos del *Infanta María Teresa*; el Contador y 35 individuos del *Oquendo*; los tres Comandantes, 11 Oficiales, siete Guardias Marinas y 347 individuos del *Vizcaya*; los tres Comandantes, 14 Oficiales y 191 individuos del *Colón*; el Comandante, el Maquinista Mayor y 10 individuos del *Furor*; el Comandante, un Oficial y 19 individuos del *Plutón*, y el Teniente de Navío de primera clase D. Enrique Capriles, á quien embarqué de transporte en el *Vizcaya* cuando dejó el mando de la provincia.

De toda esta gente envío á V. E. I. relaciones que continuaré cuando tenga noticias de los demás.

También acompaño á V. E. I. relación de los Jefes, Oficiales y Guardias Marinas muertos, heridos, contusos y desaparecidos y otra de los heridos no Oficiales que hay en este buque;

la gran masa de heridos está á bordo del buque-hospital que es el vapor *Solace*.

Como comprendo que V. E. I. podra tener dificultades para transmitir esta comunicación, me permito enviarle un traslado al Excmo. Sr. Ministro de Marina.

De los hechos particulares, dignos de mención, que no afectan al conjunto de la acción, daré parte por separado, á medida que los vaya conociendo.

Dios guarde á V. E. I. muchos años.—En la mar, á bordo del *San Luis*, 9 de Julio de 1898.—PASCUAL CERVERA.

VOCABULARY

ABBREVIATIONS.

a.	adjective	math.	mathematics
adv.	adverb	met.	metallurgy
aero.	aeronautics	mil.	military
art.	artillery	min.	mining
auto.	automobiles	nav.	naval
chem.	chemistry	phys.	physics
elec.	electricity	pl.	plural
eng.	engineering	p.p.	past participle
esp.	especially	q.v.	which see
etc.	etcetera	r.r.	railroads
expl.	explosive	sm.a.	small arms
f.,	noun feminine	top.	topography
geol.	geology	v.	see
geom.	geometry	v.n.	verb neuter
hydr.	hydraulics	v.r.	verb reflexive
ib.	ibidem	v.s.v.	see under
m.,	noun masculine	v.t.	verb transitive
mach.	machinery		

Note. Original texts are followed verbatim.

VOCABULARY

A

abaca, *f.*, diagram, graphic table.
abarcar, *v.t.*, to embrace, join, connect.

abertura, *f.*, opening, window; (*mach.*, *etc.*) opening, as of a valve.

abeto, *m.*, spruce (tree and wood).

—**abierto**.

ablandamiento, *m.*, reduction of strength, weakening.

ablandar, *v.r.*, (*aero.*) to lose form, become flaccid.

abocar, *v.t.*, to take by the mouth;

—**al mar**, to open on, communicate with, the sea.

abordable, *a.*, within reach, (hence, of prices) reasonable, suitable.

abscisa, *f.*, (*math.*) abscissa.

abultar, *v.n.*, to be prominent or bulky; to project.

acanalado, *a.*, channelled, corrugated.

acarreo, *m.*, (*min.*) drawing up, transportation, of material.

accidentado, *a.*, (*top.*) accidented.

accionar, *v.t.*, to drive, work.

aceite, *m.*, oil; lubricant; lubricating oil;

—**s pesados**, heavy oils.

acelera, *f.*, (*mach.*) oil can.

aceituna, *f.*, olive.

acelerar, *v.t.*, (*phys.*) to accelerate.

acémila, *f.*, mule; beast of burden.

acera, *f.*, (*eng.*) sidewalk.

acero, *m.*, (*met.*) steel;

—**dulce**, soft steel;

—**forjado**, forged steel;

—**de herramientas**, tool steel.

acetileno, *m.*, (*chem.*) acetylene.

acetona, *f.*, (*chem.*) acetone.

ácido, *m.*, (*chem.*) acid.

acodado, *a.*, bent, elbowed.

acoplamiento, *m.*, (*mach.*) coupling; (*elec.*) joining up, connecting up;

—**en paralelo**, (*elec.*) coupling up in parallel;

—**en serie**, (*elec.*) coupling up in series.

acoplar, *v.t.*, (*elec.*, *mach.*, *etc.*) to couple, couple up, to join, connect up.

acoplo, *m.*, (*mach.*) coupling.

acorazado, *m.*, (*nav.*) (lit., armor clad) battle ship.

acorde, *m.*, (*elec.*) tuning or accord (wireless telegraphy).

acortamiento, *m.*, shortening.

acortar, *v.t.*, to reduce, to shorten.

acrecentar, *v.t.*, to increase.

acribiliar, *v.t.*, to pierce (*mil.*) to riddle.

acromático, *a.*, (*phys.*) achromatic.

acta, *f.*, record of proceedings, report.

actinómetro, *m.*, (*phys.*) actinometer.

- activar, v.t., to push, hasten;**
 —*el fuego*, to press, urge, the fires (under a boiler, etc.).
acueducto, m., aqueduct.
acuífero, a., (geol.) water-bearing (of strata, etc.).
acumulador, m., (elec.) storage battery, accumulator.
acuoso, a., watery, aqueous.
acuo-tubular, a., (steam) water-tube.
acusar, v.t., to mark, indicate.
acústica, f., (phys.) acoustics, sound.
achatado, a., flattened.
achique, m., draining, drainage.
adelanto, m., improvement, modern appliance; gain (by a watch).
adelgazar, v.t., to make slender, or thin.
adherencia, f., (r.r.) adhesion.
admisión, f., (steam, etc.) admission.
aéreo, a., aerial.
aeronáuta, m., (aero.) aeronaut.
aerostación, f., (aero.) ballooning, aerostation.
aeróstato, m., (aero.) aerostat, balloon.
afilado, a., sharp.
afino, m., (met.) refinement (of metals).
afirmado, m., (r.r., etc.) metal-ling, ballasting (*eng.*) road-way of a bridge.
afirmar, v.t., to fix, join, fasten; (*eng.*) of roads, to ballast, to metal.
aflojar, v.t., to loosen, slacken, relax: v.r., to fall off.
aflorescimiento, m., (min.) outcrop.
aflorescer, v.n., (min.) to crop out.
aforar, to gauge, measure.
afueras, f.pl., suburbs.
agarrado, p.p. = a., holding on.
ágata, f., agate.
agitador, m., (chem., etc.) stirring rod, shaker, agitator.
agregado, m., assistant;
 —*militar*, (*mil.*) military attaché.
agrieta, v.r., (geol.) to be filled with seams or cracks.
agrio, a., sharp; (of metals) brittle, short;
 —*en frío*, (*met.*) cold short.
agua, f., water.
 —*de alimentación* (*steam*) feed water;
 —*arrastrada*, (*steam*) priming water;
 —*de cal*, (*chem.*) lime-water;
 —*de enfriamiento*, (*mach.*) cooling water;
 —*madre*, mother water, mother liquor;
 —*oxigenada*, (*chem.*) hydrogen dioxide;
 —*á presión*, water under pressure, under hydraulic pressure;
aguada, f., watering station; supply of water on board ship; water color.
águila, f., eagle.
aguja, f., needle; point; index; hand of a clock or watch; (top.) needle; (r.r.) switch-rail, point rail.
 —*horaria*, hour hand;
 —*indicadora*, index;
 —*minutera*, minute hand.
agujerear, v.t., to bore, prick, pierce.
agujerito, m., small hole.
agujero, m., hole; rivet-hole;
 —*de hombre*, (*steam, etc.*) man-hole.
aire, m., air.
 —*caliente*, hot-air (of engines);
 —*comprimido*, compressed air;
 —*libre*, open air.

- aislador, a., (*phys.*) insulating, non-conducting.
- aislamiento, m., (*elec.*) insulator.
- aislante, m., (*elec.*) insulating material.
- aislar, v.t., to insulate, isolate, cut off;
—(*chem.*) to isolate; (*elec.*) to insulate.
- ajustado, p.p., close-fitting, tight-fitting.
- ajustar, v.t., to fit, adjust.
- ala, f., wing.
- alabeamiento, m., (*aero.*) warping device (Wright Bi-plane).
- alabear, v.t., to warp.
- alambre, m., wire.
—*de retorno por el suelo*, (*elec.*) ground return.
—*sin*—(*s*), wireless.
- alargamiento, m., (*eng.*, *phys.*) elongation (under a tensile stress); (*aero.*) aspect ratio.
- albúmina, f., (*chem.*) albumen.
- alcalino, a., (*chem.*) alkaline.
- alcalino-térreo, a., (*chem.*) alkaline, earthy;
metales — — — — *s*, metal of the alkaline earths, (sometimes written in one word.)
- aldehídico, a., (*chem.*) relating to the aldehydes, (or shortly) aldehyde.
- aldehído, m., (*chem.*) aldehyde.
- aleación, f., (*met.*) alloy.
- alesage, m., (*mech.*) boring, fine-boring, reaming.
- aleta, f., rib or fin.
—*de enfriamiento*, (*aero.*, *auto.*) cooling rib or fin.
- alférez, m., (*mil. nav.*) ensign;
—*de navío*, (*nav.*) ensign.
- algodón, m., cotton.
- algodón-pólvora, m., (*expl.*) gun-cotton.
- alidada, f., alidade, open sight.
- alimentador, m., (*elec.*) feeder.
- alineación, f., direction.
- aljibe, m., cistern.
- alma, f., soul. (*elec.*) core of a magnet, (*r.r.*) web (of a rail.) (*eng.*) element (of a frame or truss), web (of a beam or girder).
- almacén, m., store, storehouse
- magazine, warehouse; (*mil.*) powder magazine.
—*al por menor*, retail shop or store.
- almacenaje, m., storage.
- almacenamiento, m., storage.
- almacenar, v.t., to store up (energy, coal, supplies, etc.).
- almirante, m., (*nav.*) admiral.
- almohadilla, f., pad, cushion.
- alotrópico, a., (*chem.*) allotropic.
- alquitrán, m., tar, pitch.
- alterar, v.r., to decompose (as under heat).
- alternador, m., (*elec.*) alternator, alternating current dynamo or generator.
- alternativo, a., (*elec.*) alternating.
- alterno, a., (*elec.*) alternating.
- altiplanura, f., (*top.*) table land.
- altiplanicie, f., (*top.*) lofty plateau.
- altitud, f., (*top.*) height above sea-level.
- alto, m., (*mil.*, *r.r.*, etc.) halt, stop.
- altura, f., height, altitude;
—*s correspondientes* (the method of), equal altitudes (astronomy).
- alud, m., avalanche.
- alumage, m., (*auto.*) ignition.

- alumbrar, v.t., to illuminate; to bring to light.
- alumbre, m., (*chem.*) alum.
- aluminio, m., (*chem.*) aluminium.
- aluvionano, a., alluvial, detrital.
- alza, f., (*art.*) sight.
- amalgama, f., (*chem.*) amalgam.
- amarillento, a., yellowish.
- amarillo, a. & m., yellow.
- amarra, f., mooring rope.
- amarre, m., mooring.
- amasar, v.t., to knead, mould.
- ambiente, m., surrounding medium.
- ambulancia, f., (*mil.*) ambulance.
- ametralladora, f., (*mil.*) machine-gun.
- amianto, m., asbestos.
- amida, f., (*chem.*) amide.
- amoníaco, m., (*chem.*) ammonia.
- amonio, m., (*chem.*) ammonium.
- amonite, m., (*geol.*) ammonite.
- amorfo, a., (*chem.*) amorphous.
- amperímetro, m., (*elec.*) (name proposed by Spanish Academy for) ammeter. (The usual expression is *amperómetro*.)
- amperio, m., (*elec.*) (name proposed by Spanish Academy for) ampere. (The usual expression is *ampère*.)
- amperómetro, m., (*elec.*) ammeter.
- amplitud, f., (*phys.*) amplitude of an oscillation.
- ampolla, f., (*elec.*) bulb (of an incandescent lamp).
- anaranjado, a. & m., orange.
- anca, f., haunch;
—*de rana*, (*r.r.*) wing rail.
- anclar, v.n., to anchor.
- áncora, f., the anchor of a clock escapement.
escape de ———, anchor escapement;
- ancho, a., broad.
- anchura, f., width, breadth;
(*r.r.*) gauge.
- andar, v.n., speed.
- andén m., (*eng.*) foot-path;
(*r.r.*) platform.
- anegar, v.t., to flood, drown, submerge.
- anemómetro, m., anemometer.
- ángulo, m., (*math.*) angle;
—*de ataque* (*aero.*) angle of incidence;
—*de incidencia*, (*aero.*) angle of incidence.
- anhídrido, m., (*chem.*) anhydride;
—*carbónico*, carbonic acid.
- anhidróxido, m., (*chem.*) oxide, anhydrous oxide.
- anilina, f., (*chem.*) aniline.
- anilla, f., (*mach. etc.*) ring, hoop, collar.
- anillo, m., ring; (*elec.*) ring armature;
—*s colectores*, (*elec.*) slip ring, collecting ring.
- ánima, f., soul; (*art., sm.a.*) bore (of a gun, of a rifle, etc.).
- anión, m., (*chem.*) anion.
- anodo, m., (*elec.*) anode, positive pole.
- antagónico, a., antagonistic, (as a spring).
- antena, f., antenna (in wireless telegraphy).
- anteojo, m., (*phys., etc.*) telescope.
- antimonio, m., (*chem.*) antimony.
- antimonioso, a., (*chem.*) antimonious.
- antracita, f., anthracite (coal).
- anuario, m., year book;
—*del observatorio astronómico*, nautical almanac, ephemeris.
- anuo, a., annual.
- añil, m., indigo.
- apagar, v.t., to extinguish.

aparato, m., apparatus.
 apartadero, m., (r.r.) siding.
 apergaminar, v.t., to parchmentize, treat with sulphuric acid.
 aperiódico, a., (elec.) aperiodic, dead-beat.
 apertura, f., opening, act of opening; (eng.) driving of tunnels.
 apisonar, v.t., to ram (as, earth).
 aplastado, a., flattened.
 aplastamiento, m., collapse; (eng.) crushing.
 aplastar, v.r., to flatten itself, to become flat.
 aposar, v.r., to settle (as sediment).
 apostar, v.t., (mil., nav.) to post, to station.
 apoyo, m., (eng., etc.) support.
 apretar, v.t., to press, to press down; to set up (a nut).
 aprisionamiento, m., imprisonment; confinement.
 aproches, m., pl., (mil.) approaches.
 aprovechamiento, m., source, supply.
 aprovechar, v.t., to use, apply, make use of, profit by; v.r., to be recovered.
 aprovisionamiento, m., supply.
 apuntalar, v.t., (min.) to shore up.
 apuntar, v.t., to sight on (an object, a star, etc.).
 arandela, f., washer.
 árbol, m., tree; (mach.) shaft;
 —de asiento, main shaft, driving shaft;
 —berbiquí, cranked shaft;
 —de camas, cam shaft;
 —cigüeñal, cranked shaft;
 —de levas, cam shaft;
 —motor, main shaft, driving shaft;

árbol—continued

—es motores gemelos, twin or double shafts.
 arcilla, f., clay.
 arcilloso, a., (geol.) clayey.
 arco, m., bow, violin bow; (phys., geom., etc.) arc; (elec.) bow trolley;
 —voltáico, (elec.) the voltaic arc.
 arder, v.n., to burn.
 arena, f., sand.
 arenal, m., (top.) sandy ground or stretch.
 arenisca, f., sandstone.
 arenoso, a., (top.) sandy.
 argolla, m., (mach., etc.) ring, collar, hoop.
 argón, m., (chem.) argon.
 arlete, m., battering ram.
 arista, f., edge; intersection of two surfaces;
 —de entrada, (aero.) leading edge (of a propeller blade);
 —de salida, (aero.) trailing edge (of a propeller blade).
 arma, f., (mil.) arm, weapon; (hence) arm, (e.g. infantry, etc.);
 —de fuego, firearm.
 armada, f., navy.
 armado, a., equipped, mounted with; (min.) enclosed, set; (mil.) armed.
 armadura, f., frame, frame-work; mounting, setting; armature; (elec.) armature; socket and fittings of an electric bulb.
 armar, v.a., to equip, mount, assemble, put together; (mil.) to arm.
 armazón, f., frame, skeleton, frame-work.
 armero, m., (mil.) armorer.
 arnés, m., harness.
 aro, m., hoop, collar, ring.
 arrabio, m., (met.) cast iron.

- arrancar, v.n.t., to start, go. (of a railway, pipe line, etc.); to pull out, draw out.
- arranque, m., start; (*mach.*) start, beginning of movement or operation.
- arrastrar, v.t., to carry on or along, (as, *steam*, water in a steam boiler).
- arremeter, v.t., to attack.
- arriar, v.t., to lower (a boat, a flag).
- arriostrar, v.t., (*eng.*) to brace.
- arrojar, v.t., to drive out, expel.
- arrollamiento, m., (*elec.*) winding;
- abierto, open winding, open coil winding;
- cerrado, closed winding, closed coil winding.
- arrollar, v.t., (*elec.*) to wind.
- arrostramiento, m., (*eng.*) bracing.
- arroyo, m., (*top.*) creek.
- arrozal, m., rice-paddy.
- arsenal, m., shipyard, dockyard;
- de guerra, navy-yard;
- mercante, dockyard; commercial dockyard.
- arsenical, a., (*chem.*) arsenical.
- arsénico, m., (*chem.*) arsenic.
- articulación, f., articulation, joint; (*eng.*) panel point;
- à la Cardán, Cardan joint, universal joint, Hooke's joint.
- artillería, f., (*mil.*) artillery;
- de costa, coast artillery;
- de plaza, fortress artillery;
- rodada, (wheeled, i.e.) field artillery;
- de sitio, siege artillery.
- artillero, m., (*mil.*) artillery-man; (*nav.*) gunner.
- ascensor, m., lift, elevator;
- de municiones, (*art., nav.*) ammunition holst.
- asegurar, v.t., to fasten, secure, seat.
- asentar, v.t., to seat, place, fix, secure.
- asequible, a., obtainable; (*chem.*) attackable.
- aserrado, a., (*top.*) serrated.
- asfalto, m., (*chem.*) asphalt.
- asiento, m., seat, bearing; (*mach.*) seat of a valve.
- asimétrico, a., asymmetric.
- asincrónico, a., (*elec.*) asynchronous.
- asoleo, m., (*expl.*) lit., sunning, i.e., lot of powder exposed to the sun for drying.
- aspa, f., sail (of a wind-mill).
- aspiñer, v.t., (*mil.*) to loop-hole.
- astro, m., (any) celestial body.
- atacar, v.t., (*mach.*) to actuate, work on.
- atar, v.t., to tie, fasten; to lock (a wheel).
- aterrieaje, m., (*aero.*) landing.
- atirantado, m., (*eng.*) staying.
- atirantar, v.t., (*eng.*) to truss, stay, tie; (*steam*) to stay a boiler.
- ativación, f., (*min.*) stowing.
- ativado, m., (*min.*) dead.
- Atlántida, f., Atlantis.
- atmósfera, f., atmosphere.
- átomo, m., (*phys.*) atom.
- atornillado, pp. = a., threaded.
- atornillar, v.t., to screw, to screw together, screw in.
- atrascar, v.n., (*nav.*) to go up to, go along side of, (as a wharf).
- atraso, m., loss (of time by a watch).
- auditivo, m., ear piece.
- aurífero, a., (*min.*) auriferous.
- austral, a., southern, south.
- autobalón, m., (*aero.*) dirigible balloon.

autoencendido, m., (*auto.*) self-ignition, self-firing.
 automóvil, m., automobile.
 automovilismo, m., automobilism.
 automovilista, m., chauffeur; automobile owner, enthusiast.
 avance, m., advance; (of a screw, propeller, spiral) lead; (*steam, etc.*); lead of a valve;
 —*al escape, (steam)* exhaust lead;
 —*al encendido, (auto.)* sparking advance, timing.
 avanzada, f., (*mil.*) advanced troops.
 avenida, f., flood (of a river) inundation, freshet.
 averiado, a., damaged.
 aviación, f., (*aero.*) aviation.
 aviador, m., (*aero.*) aviator.
 avión, m., (*aero.*) flying machine.
 avisador, a., warning, tell-tale.
 avisador-denunciador, m., (*expl.*) tell-tale apparatus or device (to give notice of dangerous changes in explosives).
 avituallar, v.t., to victual.
 ayudante, m., (*mil.*) adjutant, (*mil., nav.*) aide.
 azabache, m., jet (ornamental stone).
 azimut, m., azimuth.
 azimutal, a., azimuthal, in azimuth.
 azoado, a., (*chem.*) nitrous.
 azúcar, m., sugar;
 —*de caña*, cane sugar;
 —*cande*, rock candy, sugar candy;
 —*de leche*, milk sugar;
 —*de remolacha*, beet sugar.
 azucarado, a., sweet.
 azucarato, m., (*chem.*) sucrate, saccharate.
 azufre, m., (*chem.*) sulphur.

azul, a., blue; m., blue (color);
 —*de metileno, (chem.)* methylene blue (dye).
 azulado, a., bluish.
 azuloar, v.t., to turn (something) blue.
 azurita, f., (*min.*) azurite.

B

abor, m., (*nav.*) port, left (United States Navy).
 badajo, m., clapper of a bell.
 bagazo, m., bagasse.
 bahía, f., bay.
 baja, f., (*mil., nav.*) casualty; (*elec.*) drop (as of voltage).
 bajada, f., descent.
 bajar, v.n., to fall, to descend, come down.
 bala, f., (*sm.a.*) bullet.
 balanceo, m., oscillation (as of a balloon).
 balancín, m., balance of a clock escapement; (*steam mach.*) walking beam, balance beam.
 balasto, m., (*r.r.*) ballast.
 balazo, m., shot.
 balín, m., small bullet, buckshot.
 balística, f., (*art.*) ballistics.
 baloncito, m., (*aero.*) small balloon, ballonet.
 balsa, f., raft.
 bambú, m., bamboo.
 banco, m., bank, bench, testing bench; (money) bank; (*geol.*) bank, bed, sedimentary deposit (of large area and comparatively level);
 —*de arena*, sandbank;
 —*de piedra*, reef.
 banda, f., band, strip; flange; (*nav.*) side (of a ship); (*phys.*) band (of the spectrum).
 bandera, f., flag, ensign.

- banderola, *f.*, streamer, pennant.
 baño, *m.*, (*chem.*, *etc.*) bath;
 —*de arena*, (*chem.*) sand bath;
 —*de maría*, (*chem.*) water bath.
 barandilla, *f.*, (*eng.*) handrail.
 barbotear, *v.t.*, to stir.
 barco, *m.*, (*nav.*) ship, vessel.
 bárico, *a.*, (*chem.*) baric.
 bario, *m.*, (*chem.*) barium.
 barita, *f.*, (*chem.*) baryta, barytes.
 barómetro, *m.*, barometer.
 barquilla, *f.*, (*aero.*) the car of a balloon.
 barra, *f.*, bar, handspike, crowbar; bar (at the entrance of a harbor); (*eng.*) web-member; (*mach.*) rod;
 —*de maniobra*, (*r.r.*) switch lever;
 —*de unión*, (*r.r.*) switch rod.
 barranca, *f.*, (*top.*) gorge, ravine.
 barranco, *m.*, (*top.*) gorge, ravine.
 barrena, *f.*, auger.
 barreno, *m.*, (*min.*) blast-hole.
 barrer, *v.t.*, (*mil.*, *nav.*) to sweep, rake, (with fire).
 barro, *m.*, mud.
 basalto *m.*, (*geol.*) basalt.
 bascular, *v.n.*, to rock, to tip over.
 base, *f.*, base; (*chem.*) base; (*top.*) base, base line.
 básico, *a.*, (*chem.*) basic, alkaline.
 bastidor, *m.*, frame; (*auto.*) chassis.
 batán, *m.*, (*mach.*) stamper, fulling mill.
 batería, *f.*, (*art.*) battery;
 —*de campaña*, field artillery.
 batería-tapón, *f.*, (*elec.*) floating battery.
 batiente, *m.*, frame.
- belemnita, *f.*, (*geol.*) belemnite.
 bencina, *f.*, (*chem.*) benzine.
 beneficio, *m.*, working (as of mines, minerals, the ground, etc.);
 —*al descubierta*, (*min.*) open working;
 —*por hundimiento*, (*min.*) caving system;
 —*por relleño*, (*min.*) stowing.
 berbiquí, *m.*, (*mach.*) crank.
 betún, *m.*, bitumen, pitch; shoe-blackening.
 bicicleta, *f.*, bicycle.
 biela, *f.*, (*mach.*) connecting rod.
 bifásico, *a.*, (*elec.*) biphasic.
 binario, *a.*, (*chem.*) binary.
 bióxido, *m.*, (*chem.*) dioxide.
 biplano, *m.*, (*aero.*) biplane.
 bipolar, *a.*, (*elec.*) bipolar.
 birrefracción, *f.*, (*phys.*) double refraction.
 bisel, *m.*, bevel, chamfer.
 bismuto, *m.*, (*chem.*) bismuth.
 bizarro, *a.*, gallant.
 blanco, *a.*, white.
 blanco, *m.*, (*mil.*, *etc.*) target.
 blando, *a.*, soft, inelastic.
 blanquecino, *a.*, whitish.
 blockaus, *m.*, (*mil.*) blockhouse.
 bloque, *m.*, block of stone.
 bloqueamiento, *m.*, blocking (as of wheels by a brake).
 bobina, *f.*, (*elec.*) coil;
 —*inductora*, inducing coil.
 bobinaje, *m.*, (*elec.*) winding.
 bobinar, *v.t.*, (*elec.*) to wind.
 bola, *f.*, ball, globe; (*mach.*) ball, of a governor; ball (in ball bearings).
 bolsa, *f.*, purse, sack, bag, pocket; (*aero.*) ballonnet;
 bomba, *f.*, pump;
 —*de agotamiento*, exhaust pump;
 —*aspirante*, suction pump;
 —*centrífuga*, centrifugal pump;

bomba—continued

—*de circulación*, circulation pump;

—*de compresión*, force pump;

—*impelente*, force pump;

—*de mano*, hand pump.

bombardear, v.t., (*mil.*) to bombard, shell.

bombilla, f., (*elec.*) bulb of an incandescent lamp.

bonanza, f., (*min.*) extremely rich ore.

borda, f., (*nav.*) gunwale.

borde, m., edge, border;

—*de entrada*, (*aero.*) front edge of a supporting plane;

—*de salida*, (*aero.*) hinder or rear edge of a supporting plane.

bordo, m., border, edge; board; (*nav.*) side of a ship;

á—, (*nav.*) on board ship, afloat.

boreal, a., northern, north.

borne, m., (*elec.*) binding-post.

borrasca, f., (*min.*) barren rock.

bosque, m., (*top.*) wood, forest, grove.

bote, m., boat;

—*de vapor*, (*nav.*) steam launch.

botica, f., apothecary's shop.

botón, m., button; (*elec.*, etc.,) plug.

bóveda, f., (*eng.*) arch, vault.

bovedilla, f., (*eng.*) small arch, vaulting.

boya, f., (*nav.*) buoy.

bracero, m., strong-armed man, day laborer.

brazo, m., arm; (*phys.*) lever-arm;

—*de mar*, arm of the sea.

brida, f., (*r.r.*, etc.) fish, fish-plate.

bridar, v.t., to bridle; (hence) to lock, jam.

brigada, f., (*mil.*) brigade; (*min.*, etc.) shift, party (of workmen).

brillo, m., brilliancy, brightness.

brocha, f., painter's brush.

bromhídrico, a., (*chem.*) hydro-bromic.

bromo, m., (*chem.*) bromine.

brújula, f., magnetic compass;

—*de geólogo*, clinometer.

bruñir, v.t., to polish.

bujía, f., candle; (*auto.*) spark-plug;

—*decimal*, (*elec.*) decimal candle (unit of illumination);

—*de inflamación*, (*auto.*) spark-plug.

buque, m., ship;

—*de combate*, (*nav.*) warship.

—*nodriza*, (*nav.*) (lit., nurse boat) mother boat.

buque-algibe, m., tank boat, water-boat.

buque-hospital, m., (*mil.*, *nav.*) hospital ship.

burbuja, f., bubble.

butílico, a., (*chem.*) butyl.

buzamiento, m., (*min.*) dip of a stratum.

buzar, v.n., (*min.*) to dip (of a stratum).

buzo, m., diver.

C

caballería, f., (generic for) animals; (*mil.*) cavalry.

caballote, m., trestle; (*mil.*) trestle of a ponton bridge.

caballo, m., horse; (*min.*) "horse"; (*phys.*) horse-

power;

—*de fuerza*, (*phys.*) horse-power;

—*montado*, mounted, ridden, horse;

caballo—continued

—*de oficial*, (mil.) officer's horse, charger;

—*de tropa*, (mil.) troop horse.
caballo-hora, m., (phys.) horse-power-hour.

cabecilla, m., petty chief.

cabeza, f., head, top, upper part; (eng.) chord of a bridge; (mach.) cross head; (r.r.) head of a rail;

—*abierto*, (mach.) open (or marine) head (of a connecting rod);

—*cerrada*, (mach.) solid end of head (of a connecting rod);

—*de horquilla*, (mach.) fork-head, forked crosshead;

—*de línea*, (r.r.) terminal;

—*simple*, (mach.) simple, plain crosshead.

cabida, f., content, capacity.

cable, m., cable.

cabo, m., (top.) cape;

—*de mar*, (nav.) seaman.

cacerola, f., pan, stewpan, saucepan.

cacha, f., (r.r.) long sleeper (used where one track crosses another).

cadena, f., chain; (top.) chain of mountains.

caída, f., fall;

—*de pico*, (aero., etc.) fall vertically downward.

caja, f., case, box, receptacle; cut, i.e., seat, (as for a rail or cross-tie); (auto.) body;

—*de agua*, water tank;

—*de cambio de velocidad*, (auto.) change-speed gear case or box;

—*de conexión*, (steam) cross-box (of a B. and W. boiler);

—*de distribución*, (steam) steam chest, slide valve chest;

caja—continued

—*de grasa*, (mach.) journal box;

—*de municiones*, (art.) ammunition chest.

cajón, m., (eng.) caisson.

cal, f., lime;

—*sodada*, (chem.) soda lime.

calado, a., set (of a level, etc.).

calado, m., (nav.) draught.

calafatear, v.t., to caulk.

calamina, f., (chem.) calamine.

calar, v.t., (mach.) to key; (elec.) to shift forward, to advance, the brushes.

cálcico, a., (chem.) calcic.

calcio, m., (chem.) calcium.

calda, f., (phys., chem.) heating.

caldear, v.t., to heat.

caldeo, m., heating; stoking.

caldera, f., (steam) boiler, steam-boiler;

—*acuotubular*, water tube boiler;

—*de hogar interior*, internally fired boiler;

—*multitubular*, multitubular boiler;

—*seccional*, sectional boiler;

—*de tubos de agua*, water tube boiler;

—*tubular*, fire-tube, tubular, multitubular boiler;

—*de vapor*, steam boiler, steam generator.

calderero, m., boiler-maker.

calefacción, f., (chem.) heating.

calentador, m., heater.

calentar, v.t., to heat, warm.

calibrar, v.t., to gauge.

calicata, f., (min.) trial trench.

callente, a., hot;

en—, (chem., etc.) with heat applied, under the application of heat.

caliza, f., (chem.) limestone, calcium carbonate.

calizo, a., (geol.) calcareous.

calor, m., (phys., etc.) heat;
 —*específico*, specific heat;
 —*específico á presión constante*, specific heat at constant pressure;
 —*específico á volumen constante*, specific heat at constant volume;
 —*oscuro*, dark heat.
caloría, f., (phys.) calorie, heat unit.
calorífico, a., (phys.) calorific.
calzada, f., highroad (paved).
calzado, m., shoes, footgear.
calzo, m., block;
 —*de detención, (r.r.)* buffer (at the end of a track).
callejón, m., long narrow lane, boxed in by walls; (*nav.*) passage.
cama, f., (mach.) cam;
árbol de—, cam-shaft.
camada, f., (min.) sort of flooring.
cámara, f., room, chamber; (*nav.*) cabin;
 —*de agua, (steam)* water space, header of a boiler;
 —*de aire*, air chamber; (*aero.*) ballonnet;
 —*de carga, (hydr.)* reservoir, collecting basin, dam;
 —*de combustión, (steam, etc.)* combustion chamber;
 —*de decantación, (hydr.)* settling basin;
 —*de explosión, (auto.)* explosion chamber;
 —*de vapor, (steam)* steam space.
cambiar, v.t., to change.
cambio, m., change;
 —*de estado, (phys.)* change of state;
 —*de velocidad, (auto.)* change-speed gear;
 —*de velocidades por embrague*

cambio—continued
de fricción, (auto.) change-speed friction disks;
 —*de velocidades por embrague de garras, (auto.)* change-speed meshing spur, or clutch;
 —*de velocidades por tren desplazable, (auto.)* change-speed sliding spur, or clash gear;
 —*de vía, (r.r.)* switch.
camilla, f., litter, stretcher.
camino, m., road, path, way; travel;
 —*carretero*, wagon road;
 —*de sirga*, tow path.
camisa, f., shirt; (*mach., steam, etc.*) jacket;
 —*de circulación de agua, (mach.)* water jacket.
campana, f., bell;
 —*de buzos*, diving bell;
 —*de vidrio*, glass bell-jar.
campo, m., field; (*elec.*) (magnetic) field;
 —*magnético, (elec.)* magnetic field;
 —*magnético rotatorio, (elec.)* rotating magnetic field;
 —*de maniobras (mil.)* drill ground, maneuver field.
canal, m., canal, channel, ship channel, fairway; headrace; (*mach.*) guide-way, slot;
 —*de abastecimiento, (hydr.)* water supply channel, pipe line;
 —*de derivación, (hydr.)* headrace;
 —*de escape, (hydr.)* tailrace;
 —*de fuga, (hydr.)* tailrace;
 —*de navegación*, canal proper, ship canal;
 —*de riego*, irrigation canal.
canalización, f., canalization (operation); system of ca-

canalización—continued
 nals or tubes, pipes, wires,
 piping, etc.; (*elec.*) wiring;
 —*aérea*, (*elec.*) overhead wiring.
canalizo, m., channel, trough.
canevías, m., (*top.*) network of
 triangles in a survey.
cangrejo, m., crab;
 —*de popa*, (*nav.*) after deck
 house.
cantera, f., quarry; (*min.*) pit,
 opening, excavation.
cantidad, f., (*elec.*, etc.) quantity.
canto, m., edge;
 de—, on edge.
cantonera, f., (*eng.*) angle iron.
caña, f., cane, reed;
 —*de azúcar*, sugar cane.
cañada, f., (*top.*) glen, dale, between
 mountains.
cañon, m., (*top.*) canyon; (*art.*)
 cannon, gun;
 —*en fuego*, (*art.*) gun in action.
capa, f., (in general) layer;
 covering; (*chem.*) layer,
 bath (very nearly); (*geol.*)
 stratum, bed, sedimentary
 deposit.
capataz, m., foreman, overseer,
 "boss."
capacidad, f., output, (*elec.*) capacity.
capitán, m., (*mil.*, *nav.*) captain;
 —*de bandera*, (*nav.*) flag captain;
 —*de fragata*, (*nav.*) (lit. captain
 of a frigate) commander;
 —*de navio*, (*nav.*) captain.
cápsula, f., (*chem.*) capsule;
 (*expl.*) primer.
capto, m., (*elec.*) collector (of
 current).
capturar, v.t., (*mil.*) to capture.

cara, f., face, (in many relations,
 e.g., *steam*, of a piston);
 (*auto.*) cheek, side (of a
 sprocket chain link);
 —*de trabajo*, (*aero.*) working
 face (of a propeller blade).
caramelo, m., (*chem.*) caramel.
carbón, m., carbon; coal, charcoal,
 fuel; coke; (*elec.*)
 carbon (of an arc-light, of a
 searchlight);
 —*es aglomerados*, artificial
 fuel, briquettes;
 —*animal*, animal charcoal,
 bone black;
 —*de azúcar*, charcoal from sugar;
 —*de huesos*, v.—*animal*;
 —*de madera*, charcoal;
 —*de retortas*, gas coke.
carbonatación, f., carbonation
 (sugar-making).
carbonatado, a., (*chem.*) carbonated.
carbonera, f., coal-hole, coal-cellar;
 (*nav.*) coal-bunker.
carbonizar, v.t., to carbonize.
carbón, m., (*chem.*) carbon.
carbonoso, a., (*chem.*) carbonic.
carburaación, f., (*auto.*, etc.)
 carburation, carburization.
carburado, a., (*chem.*) carburetted.
carbureador, m., (*mach.*) carbureter;
 —*por barboteo*, (*auto.*) evaporation
 carbureter;
 —*por lamido*, v.—*por barboteo*;
 —*de pulverización*, (*auto.*)
 atomizing carbureter, spray
 carbureter.
cardán, m., (*mach.*) universal
 joint, Hooke's joint.
carena, f., (*nav.*) underwater
 body.
carestía, f., scarcity, lack.

- carga, f., load; (elec.) load, charge; (art., sm.a.) charge** i.e., powder charge; (*mach.*) load; (*hydr.*) head;
 —**accidental, (eng.) live or moving load;**
 —**estática, (eng.) static load;**
 —**móvil, (eng.) live or moving load;**
 —**permanente, (eng.) dead load;**
 —**de proyección, (art.) propelling charge;**
 —**de rotura, (eng.) breaking load;**
 —**de rotura por compresión (corte, tracción) (eng.) breaking load for compression (shearing, extension).**
- cargar, v.t., to load, charge (in many relations); (elec.) to charge (as, a storage battery).**
- caro, a., dear, costly, expensive.**
- carpintería, f., carpenter's shop;**
 —**mecánica, sawmill.**
- carrera, f., travel (as mach. of a piston, rod, part, etc.).**
- carrete, m., spool, bobbin, reel; (elec.) coil;**
 —**del inducido, (elec.) armature coil;**
 —**de inducción, (elec.) induction coil;**
 —**(de) Ruhmkorff, (elec.) Ruhmkorff coil.**
- carril, m., (r.r., etc.) rail;**
 —**contra-aguja, (r.r.) main, line, or stock—, rail;**
 —**doble T, (r.r.) bullheaded rail.**
- carrito, m., little truck.**
- carro, m., truck.**
- carter, m., (auto.) crank case; engine casing.**
- cartón, m., pasteboard.**
- cartucho, m., (mil., expl.) cartridge.**
- casco, m., (nav.) hull; (steam) shell (of boiler).**
- caserío, m., settlement.**
- caseta, f., small house; (nav.) deckhouse;**
 —**del puente de popa, (nav.) chart house.**
- casquete, m., shell; bell, (i.e., the cup of vibrating part).**
- casquijo, m., gravel.**
- casquillo, m., (elec.) base cap, socket; terminal, binding post.**
- cateto, m., (geom.) either of the sides of a right-angled triangle about the right angle, cathetus.**
- cation, m., (chem.) cation.**
- catodo, m., (elec.) cathode, negative pole.**
- cauce, m., trench; river bed, channel of a river.**
- caucho, m., caoutchouc, gutta percha, india rubber.**
- cauchutado, a., of rubber, rubber, rubberized.**
- caudal, m., property, stock, fortune; (of a river) volume, supply (of water).**
- cautiverio, m., captivity.**
- caza torpedero, m., (nav.) torpedo-boat destroyer.**
- cazoleta, f., duct; (elec.) socket and fittings of an electric bulb.**
- cebar, v.t., to start (a machine, a dynamo); to prime.**
- celdilla, f., cell.**
- celosía, f., lattice, trellis.**
- célula, f., cell.**
- celular, a., cellular.**
- celuloide, f., (chem.) celluloid.**
- celulosa, f., (chem.) cellulose.**
- cementar, v.t., (met.) to cement (as steel).**

- cemento, m., (eng.)** cement;
 —*armado*, reenforced concrete;
 —*hidráulico*, hydraulic cement.
cenagoso, a., muddy.
centímetro, m., centimeter.
central, m., (elec. etc.) central station, powerhouse; (in Cuba) sugar mill;
 —*de alumbrado*, (elec.) electric lighting station or plant, central powerhouse.
centrar, v.t., (mach., etc.) to center.
centro, m., center;
 —*de carena*, (phys.) center of buoyancy;
 —*de gravedad* (phys.) center of gravity.
 —*de presión*, (phys.) center of pressure.
cepillar, v.t., to plane down, trim, to trim, etc., to a point.
cera, f., wax, beeswax.
cercha, f., (eng.) triangular frame, roof truss; centering.
cerda, f., bristle; sow.
cerilla, f., wax match.
cero, m., (math.) zero.
cerrado, p.p.; (elec.) closed (of a circuit).
cerrajería, f., locksmith's trade.
cerrar, v.t., to close; (elec.) to close (a circuit); to "throw" a switch.
cerro, m., (top.) hill.
certero, a., (mil.) well-aimed, accurate.
cerveza, f., (chem.) beer.
cesio, m., (chem.) cesium.
cesta, f., basket; (aero.) seat of an aeroplane.
cesto, m., basket.
cetona, f., (chem.) ketone.
cetonico, a., (chem.) ketonic, ketone.
cianuro, m., (chem.) cyanide.
cielo, m., sky, heaven, heavens; climate; crown, top (as of a furnace).
cierre, m., (art.) breech-block, breech-plug; (mach.) joint; closing, as of a valve, etc.; shutting down, as of a brake.
cifra, f., cipher, figure; quantity.
cigüeñal, m., (mach.) crank shaft.
cilíndrico, a., cylindrical.
cilindro, m., cylinder;
 —*s en abanico*, (aero., mach.) v.—*s en V*;
 —*s en estrella*, (aero., mach.) the cylinders of a radial motor;
 —*á n mm. de alésage*, (mach.) cylinder bored out to *n* millimeters;
 —*s en V*, (aero., mach.) the cylinders of a Vee engine.
cima, f., (top.) peak or top of a mountain.
cimentación, f., (eng.) operation of concreting, cementing; (hence) concrete work; act of laying a foundation.
cimiento, m., (eng.) foundation.
cinabrio, m., (chem.) cinnabar.
cinc, m., (chem.) zinc.
cinemático, a., (phys.) kinematic.
cinético, a., (phys.) kinetic.
cinta, f., ribbon, tape;
 —*aislante*, (elec.) insulating tape.
circuito, m., circuit; (elec.) circuit;
 —*derivado*, (elec.) shunt circuit;
 —*exterior*, (elec.) working circuit;
 —*primario*, (elec.) primary circuit;
 —*principal*, (elec.) main circuit, working circuit;

circuito—continued

—*secundario*, (*elec.*) secondary circuit;

—*de utilización*, (*elec.*) main circuit, working circuit.

claraboya, *f.*, bull's eye (window).

claro, *m.*, (*eng.*) opening of a bridge, i.e., distance between piers.

clavar, *v.t.*, to drive in (as, a pile); to nail, tack down; *v.r.*, to penetrate.

clave, *f.*, key; (*eng.*) keystone of an arch.

clavija, *f.*, pin;

—*abierto*, (*mach.*, *etc.*) split pin.

cleptoscopio, *m.*, (*nav.*) kleptoscope, (instrument producing an image of surrounding waters, to an observer in a submerged boat).

clima, *m.*, climate.

climático, *a.*, (*geol.*) climatic.

clorato, *m.*, (*chem.*) chlorate.

clorhídrico, *a.*, (*chem.*) chlorhydric, hydrochloric.

clórico, *a.*, (*chem.*) chloric.

cloro, *m.*, (*chem.*) chlorine.

clorófila, *f.*, chlorophyll.

cloroso, *a.*, (*chem.*) chlorous.

cloruro, *m.*, (*chem.*) chloride.

cobalto, *m.*, (*chem.*) cobalt.

cobertizo, shed, outhouse, lean-to.

cobre, *m.*, (*met.*) copper.

cobrizado, *m.*, (*met.*) copper plating.

cociente, *m.*, (*math.*) quotient, (the form *cuociente* is more frequent).

coche, *m.*, coach; (*r.r.*) car, carriage;

—*de viajero*, (*r.r.*) passenger coach, car.

coche-kilómetro, *m.*, kilometer-car.

cochera, *f.*, coach house; (*r.r.*) engine shed, round house.

codo, *m.*, elbow; (*mach.*) bend, elbow, knee, any bend or turn in parts of machinery.

coeficiente, *m.*, (*math.*) coefficient;

—*de seguridad*, (*eng.*, *etc.*) factor of safety;

—*de transformación*, (*elec.*) ratio of transformation.

cofre, *m.*, chest, box;

—*de herramientas*, tool-chest.

cojinete, *m.*, (*mach.*) box, journal box, journal bearing, bush, brass, pillow block; (*r.r.*) wedge, (in English system) for securing the rail to the chair;

—*de bolas*, (*mach.*) ball-bearing;

—*de fricción*, (*r.r.*) switch-rail chair.

cok, *m.*, coke.

cola, *f.*, tail; (*aero.*) vertical stabilizing plane of the Gross balloon.

coladero, *m.*, (*min.*) chute.

colector, *m.*, collector; (*steam*) header of a boiler; mud collector; (*elec.*) commutator; (*hydr.*) collecting pipe;

—*de ondas*, (*elec.*) antenna, wave-collector (wireless system).

colimador, *m.*, (*phys.*, *etc.*) collimator.

colina, *f.*, (*top.*) hill.

coloidal, *a.*, (*chem.*) colloidal.

coloide, *a.*, *m.*, (*chem.*) colloid.

color, *m.*, color;

—*á la aguada*, water-color.

colorear, *v.n.*, to redden, grow red,

- columbio**, m., (*elec.*) (name proposed by Spanish Academy for) coulomb; (the usual expression is coulomb).
- collar**, m., collar, flange;
—*porta-escobillas*, (*elec.*) brush-rocker.
- columna**, f., column.
- comandancia**, f., (*mil.*) headquarters of a post or permanent position.
- comandante**, m., (*mil.*) major; (more or less loosely) commander, commanding officer; (*nav.*) captain (of a ship); *segundo*—, (*nav.*) executive officer;
tercer—(*nav.*) navigator.
- comarca**, f. country, region.
- comburente**, m., (*chem.*) comburent body or substance, comburent;
a., burning.
- combustible**, a., (*chem.*) combustible;
m., combustible, i.e., combustible body.
- cometa**, f., (*aero.*) kite.
- cometido**, m., share of work, allotted work.
- comité**, m., committee, commission.
- comodoro**, m., (*nav.*) commodore.
- compañía**, f., (*mil.*, *etc.*) company.
- compensador**, m., (*elec.*) balancing, equalizing dynamo.
- componente**, f., (*phys.*) component of a force.
- comprimir**, v.t., to compress.
- compuerta**, f., (*hydr.*) sluice, lock, flood-gate;
—*de descarga*, discharge gate;
—*de purga*, cleaning gate.
- cóncavo**, a., concave.
- concertar**, v.t., (*mach.*) to joint, connect.
- concreción**, f., concretion.
- condensación**, f., (*phys.*) condensation.
- condensado**, p.p., (*phys.*) condensed, of condensation.
- condensador**, m., (*steam, elec.*) condenser.
- conducto**, m., conduit, duct, pipe, tube;
—*de humo*, smoke pipe;
—*de salida*, (*mach.*) eduction, delivery pipe.
- conductor**, m., teamster; (*elec.*) conductor, lead; (*auto.*) chauffeur;
—*de retorno*, (*elec.*) return wire.
- congelar**, v.t., to freeze.
- conjugado**, p.p.=a., (*mach.*) direct connected.
- conjunto**, m., connection, communication.
- conmutación**, f., (*elec.*) conversion, transformation, of an electric current.
- conmutador**, m., (*elec.*) commutator, switch.
- conmutatriz**, f., (*elec.*) converter, rotary converter.
- cono**, m., (*math.*) cone;
—*de fricción*, (*math.*) friction cone, cone clutch;
—*hembra*, (*mach.*) female cone;
—*macho*, (*mach.*) male cone.
- consejo**, m., counsel, council;
—*de guerra*, (*mil.*, *nav.*) court-martial; (more generally) council of war.
- consola**, f., bracket, hanger.
- consume**, m., consumption.
- contacto**, m., (*elec.*) contact.
- contador**, m., (*nav.*) paymaster.
- contorno**, m., (*top.*, *etc.*) contour, perimeter.

- contra-aguja, a.**, (in combination with *carril*, q.v.) main, stock, or line.
contracarril, m., (*r.r.*) guard-rail, checkrail.
contracción, f., (*phys.*) contraction.
contrafuerte, m., (*eng.*) buttress, shoulder, pier, supporting mass; reenforcing piece; (*top.*) spur, lesser chain of mountains.
contra-incendios, m., fire-protection.
contralmirante, m., (*nav.*) rear-admiral.
contrapeso, m., (*mach.*, *etc.*) counterweight, counterpoise.
contrarrestar, v.t., to overcome.
contraviento, m., (*eng.*) wind-strut.
convección, f., (*phys.*) convection.
convertidor, m., (*elec.*) rotary converter.
convexo, a., convex.
coque, m., coke.
corazón, m., heart; (*r.r.*) tongue (of a frog).
corcho, m., cork.
cordaje, m., cordage, system of ropes, tackle.
cordillera, f., (*top.*) mountain chain.
cordita f., (*expl.*) cordite.
córneo, a., horny.
corona, f., crown, rim;
 —*de freno*, (*auto.*) brake-drum.
coronación, f., crowning, top; (*hydr.*) spillway of a dam.
coronel, m., (*mil.*) colonel.
correa, f., belt, strap; (*mach.*) belt;
 —*de transmisión*, (*elec. mach.*) driving belt.
corredera, f., (*steam*) slide-valve; (*mach.*) slide, guide, runner.
correr, v.n., to run:
 v.t., (*elec.*) to put in, introduce (as, resistance).
corresponsal, m., agent, corresponding clerk; newspaper correspondent.
corriente, f., current (in many relations);
 —*á, de, alta (baja) tensión*, (*elec.*) high (low) tension current, high (low) voltage current;
 —*alternativa*, (*elec.*) alternating current;
 —*alternativa simple*, (*elec.*) single phase, monophasic, alternating current;
 —*continua*, (*elec.*) direct current;
 —*polifásica*, (*elec.*) polyphase current;
 —*primaria*, (*elec.*) primary current;
 —*secundaria*, (*elec.*) secondary current.
cortacircuito, m., (*elec.*) circuit-breaker.
cortadura, f., cut, section.
cortafrios, m., cold-chisel.
cortante, a., (*eng.*) shearing.
corte, m., edge; section, (*i.e.*, sectional drawing); (*eng.*) shearing.
corteza, f., skin, crust.
corto-circuito, m., (*elec.*) short circuit;
 poner en—, (*elec.*) to short circuit.
coser, v.t., to sew; (*eng.*) to assemble, join; (*mach.*) to rivet.
costa, f., coast.
costilla, f., rib.
costra, f., crust (as, on the outside of a cooling body).

- crecida, f.**, freshet.
oremallera, f., (*mach.*) rack, rack bar.
cresta, f., crest (of a wave).
crestón, m., (*geol.*) outcrop.
criadero, m., (*min.*) seam;
 —*aluvionano*, (*min.*) placer;
 —*detritico*, *v.*—*aluvionano*.
criba, f., screen (for sand, gravel, etc.).
crin, m., horsehair.
crisol, m., (*chem.*, etc.) crucible.
crystal, m., crystal, glass, a pane of glass.
crystalino, a., crystalline.
cronómetro, m., chronometer.
croquis, m., sketch.
cruce, m., passage (of carriages by each other); (*r.r.*) railroad crossing.
crucero, m., (*nav.*) cruiser; cruise.
cruzar, v.t., to cross; (of carriages, to pass); (*mil.*) to furrow (said figuratively, of bullets).
cuadra, f., stable.
cuadrado, a., square;
 raíz—*a.*, (*math.*) square root.
cuadrado, m., (*math.*) square.
cuadrante, m., quadrant; clock-face, dial.
cuadrilongo, m., (*geom.*) rectangle.
cuadro, m., frame, board; table of figures, data, etc. (arranged in order); (*elec.*) switch-board;
 —*de distribución*, (*elec.*) switch-board.
cuadruplane, m., (*aero.*) quadruplane (projected).
cuarjaron, m., grume, clot.
cuarcita, f., (*geol.*) quartzite, quartz rock.
cuartel, m., (*mil.*) barracks;
 —*general*, (*mil.*) headquarters.
cuartel-maestre, m., (*mil.*) quartermaster (U. S. Army).
cuarzo, m., (*geol.*) quartz.
cuarzoso, a., (*geol.*) quartzose, quartzous.
cuba, f., tub, basin, vessel, dish.
cubeta, f., pan, bucket.
cubicar, v.t., (*eng.*) to determine the cube, or cubical contents, of an engineering construction.
cubierta, f., roof, cover, overhead cover, roofing, deck, decking; (*nav.*) deck;
 —*acorazada*, (*nav.*) armored deck.
cubierto, a., (*top.*) covered, close (of the ground).
cubo, m., nave, hub; (*math.*) cube, (hence) main part, main body.
cubre, m., (*phys.*) cover-slip (for a microscopic slide).
cubrejunta, m., (or *f.*) (*eng.*, etc.) fishplate.
cuchara, f., spoon.
cuchillo, m., knife; (*phys.*) knife-edge; (*eng.*) girder, truss.
cuello, m., neck, throat; (*mach.*) collar, junction.
cuenca, f., (*top.*) basin; (*min.*) basin, i.e., region;
 —*minera*, (*min.*) mining basin.
cuenta, f., bead (of a rosary).
cuerda, f., cord; (*math.*) chord;
 dar—á un reloj, to wind a watch;
 —*de piano*, piano wire.
cuero, m., leather.
cuerpo, m., body;
 —*de bomba*, (*mach.*, etc.) pump body, cylinder; piston cylinder;
 —*compuesto*, (*chem.*) compound;

cuerpo—continued

- extraño*, foreign body;
- orgánico*, (*chem.*) organic body;
- organizado*, organized (i.e., living) body;
- simple*, (*chem.*) element.
- cuesta*, *f.*, (*top.*) slope.
- culata*, *f.*, base; (*elec.*) yoke.
- culminación*, *f.*, culmination (of a star).
- cultivo*, *m.*, culture (of germs).
- cumbre*, *m.*, (*top.*) peak or top of a mountain.
- cumplir*, *v.r.*, to be verified.
- cuneta*, *f.*, drain; ditch (at the side of a road, or railroad); gutter; (*elec.*) conduit for underground wiring.

cuña, *f.*, wedge.

cuociente, *m.*, quotient.

cúprico, *a.*, (*chem.*) cupric.

curva, *f.*, (*math.*) curve;

—*de nivel*, (*top.*) contour.

curvatura, *f.*, curvature.

curvo, *a.*, curved.

cúspide, *f.*, (*geom.*) vertex.

CH

chaflanar, *v.t.*, to cut off a corner or angle.

chapa, *f.*, plate, sheet, cap, flap; cap (of a compass needle); (*eng.*) plate (as of iron, etc.); (*steam*) boiler-plate.

charca, *f.*, (*top.*) pool, pond.

chavetear, *v.t.*, (*mach.*) to key.

chimenea, *f.*, chimney, funnel, stack, air-pipe, ventilating pipe.

chirrido, *m.*, grating, scraping, scratching, sound.

chispa, *f.*, spark;

cortada la—, (*auto.*) with the spark cut out;

—*de inducción*, (*elec.*) induction spark;

chispa—continued

—*oscilatoria*, (*elec.*) oscillating spark (wireless telegraphy).

chisporroteo, *m.*, hissing, whistling (*mil.* of bullets).

chocar, *v.n.*, to strike, collide, clash;

—*con*, to collide with.

choque, *m.*, shock, collision, violent contact;

—*hacia atrás*, (*auto.*) backfire, back kick, back stroke (on cranking).

chorro, *m.*, jet, spurt, stream.

choza, *f.*, hut, cabin.

D

dátil, *m.*, date (palm and fruit).

declinación, *f.*, declination (of a magnetic needle); declination (of the sun, of a star).

declive, *m.*, (*top.*) slope.

decompresión, *f.*, (*auto.*) half-compression device, compression relief.

dedo, *m.*, finger.

defecación, *f.*, purification; defecation (sugar-making).

defecar, *v.t.*, to cleanse, purify; defecate (sugar-making).

defensa, *f.*, (*mil.*, *nav.*, etc.) defense;

—*submarina*, torpedo, mine.

delatar, *v.t.*, to reveal.

delgado, *a.*, thin.

delicuescente, *a.*, (*phys.*) deliquescent.

demultiplicar, *v.t.*, (*mach.*, etc.) to reduce.

densidad, *f.*, (*phys.*) density;

—*másica*, mass-density.

densímetro, *m.*, (*phys.*) densimeter.

denunciador, *a.*, (in the arts, etc.) tell-tale.

- departamento, m., department, office;
 —*de la guerra*, (mil.) War Department, (U. S.).
- depósito, m., tank, reservoir (of water, compressed air, oil, etc.); (steam) formation, (as of scale in a boiler); (mil., nav.) ammunition room;
 —*de combustible*, coal-shed, coal-pile;
 —*de vapor*, (steam) steam chamber.
- depurar, v.t., to cleanse, purify.
- derivación, f., derivation, descent, (elec.) shunt;
 —*de agua*, (hydr.) intake.
- derivar, v.t., to divert (as water).
- derribo, m., demolition, tearing down.
- derrumbamiento, m., collapse, falling in, falling together.
- desacoplar, v.t., (mach.) to uncouple.
- desaguadero, m., outlet (for drainage waters).
- desagüe, m., draining, drainage, discharge; (eng.) fairway, waterway, openings (of a bridge).
- desahogado, p.p., clear, free (of pipes, tubes, etc.).
- desaparecido, a., (mil., nav.) missing, (after an engagement).
- desarmar, v.t., to dismount, take apart.
- desarollar, v.t., to develop (as, horsepower).
- desarrollo, m., evolution, development.
- desarreglo, m., (elec.) "disease" of a dynamo, etc.; any dynamo or other trouble.
- desbordamiento, m., overflowing.
- desbordar, v.n., to overflow.
- desbrozar, v.t., to clear, clear off (as the surface of the ground).
- descansar, v.n., to rest (upon a foundation).
- descalce, m., (min.) undermining.
- descalcificación, f., (chem.) decalcification.
- descalzar, v.t., (min., etc.) to undermine.
- descarga, f., unloading, discharge, of cargo; (elec., etc.) discharge.
- descargado, a., (eng., etc.) unloaded.
- descargador, m., unloader; (hydr.) outlet;
 —*de compensación*, (hydr.) compensating outlet.
- descarrilamiento, m., (r.r.) derailment.
- descenso, m., descent (in general); fall (as of temperature); (phys.) fall, reduction.
- descentrar, v.t., (mach., eng., etc.) to uncenter.
- descomponer, v.t., (phys.) to decompose (forces), to get the components of.
- descoyuntar, v.t., to disjoint; v.r., (of joints) to become displaced, dislocated.
- descubierto, a., (top.) open.
- desdoblir, v.r., to break up (into).
- desecación, f., (chem.) dessication.
- desecador, m., (chem.) dessicator.
- desecar, v.t., (chem., etc.) to dry, dessicate.
- desecho, m., refuse, rubbish;
de —, waste.

- desembarcadero, m.,** (*r.r., etc.*) platform, quay.
desembarco, m., landing;
tropas de—, (Mil.) landing troops.
desembocadura, f., (*top.*) mouth, (of a river); outlet (of a road).
desembocar, v.n., (of a river) to empty into.
desemboque, m., (*top.*) mouth (of a river).
desembragar, v.t., (*mach., auto.*) to throw out of gear, uncouple, disengage.
desembrague, m., (*mach., auto.*) release.
desencauzar, v.t., to divert (as a stream of air, etc.).
desencebar, v.t., to unprime, to release.
desenrollar, v.t., to uncoil.
desenvolvimiento, m., evolution.
desescombrado, m., clearing away of rubbish.
desfiladero, m., (*top.*) defile.
desgarrar, v.t., to rend, tear, split.
desgaste, m., wear, wear and tear, loss, abrasion, attrition.
deshinchar, v.t., to release gas or air; to deflate (as a balloon).
desierto, m., desert.
desimantar, v.t., (*elec.*) to demagnetize.
deslizar, v.r., to slip, slide.
desmagnetizar, v.t., (*elec.*) to demagnetize.
desmenuzar, v.r., to crumble.
desmontable, a., take-down, coming apart.
desmontar, v.t., to dismount, take apart; (*mil.*) to dismount (as a regiment of cavalry).
desmonte (r.r.) cut.
desmoronadizo, a., (of soils, etc.) crumbling.
desmoronamiento, m., crumbling.
desmultiplicación, f., (*mach.*) division, reduction.
desnivel, m., state of being out of level; (*top.*) difference of level; slope, gradient.
desnivelado, a., out of level, not horizontal.
desoxidante, m., (*chem.*) deoxidizer, reducing agent.
despacho, m., office, bureau; despatch, telegram; letter.
desparramar, v.t., to scatter.
despejar, v.t., (*math.*) to solve to (such and such a quantity).
desperdiciar, v.t., to waste, lose.
desperfecto, m., injury, damage, accident, break.
despistar, v.t., to throw off the track.
desplazable, a., sliding, slipping.
desplazamiento, m., (*phys.*) displacement.
desplazar, v.t., (*phys., etc.*) to displace.
desplegar, v.t., to spread, stretch out, as wings; (*mil.*) to deploy.
despolarización, f., (*phys.*) depolarization.
desprender, v.t., (*chem., phys.*) to disengage, (as, heat).
desprendimiento, m., loosening; land-slide; spread (as of steam); (*chem., phys.*) disengagement (as of heat).
destacar, v.t.r., (*mil., nav.*) to detach.
destemplar, v.t., (*mach., etc.*) to untemper.
destilación, f., (*phys., etc.*) distillation;
—fraccionada, (chem.) fractional distillation;

- destilación—continued
 —*seca*, (*chem.*) dry distillation.
- destilar, v.t., to distil.
- destructor, m., (*nav.*) destroyer, torpedo-boat destroyer.
- desviación, f., deviation, displacement.
- desviar, v.t., (*phys.*, *etc.*) to displace.
- detonar, v.n., (*expl.*) to detonate.
- detritico, a., (*geol.*) detrital.
- devanado, m., (*elec.*) winding.
- diamante, m., diamond;
 —*carbonado*, carbonado, black diamond;
 —*negro*, black diamond.
- diamantifero, a., (*min.*) diamond bearing.
- diámetro, m., diameter.
- diario, a., daily.
- diazolico, a., (*chem.*) diazo;
 —*compuesto*—, diazo compound.
- dibujar, v.t., to draw (as, pictures; hence) to sketch out (as valleys, etc.), to put in formlines.
- dibujo, m., drawing, sketch.
- dioromatado, a., (*chem.*) dichromated.
- diedro, a., (*math.*) diedral.
- diente, m., tooth; (*mach.*, *etc.*) tooth, cog; (*top.*) mountain top of prismatic form; blunted or flattened "needle."
- difáseo, a., (*elec.*) diphasé, biphasé, two-phase.
- difenilamina, f., (*chem.*) diphenylamine.
- diferencial, a., differential; m., (*mach.*, *etc.*) differential gear; differential mechanism.
- difusor, m., (sugar-making) diffuser.
- dilatación, f., (*phys.*) expansion, dilatation.
- dilatar, v.t., (*phys.*) to expand, dilate.
- diluvio, m., deluge, flood, the Flood.
- dimanar, v.r., to spring or proceed from.
- dinámico, a., (*phys.*) dynamic.
- dinamo, f., (*elec.*) dynamo;
 —*compound*, compound wound dynamo;
 —*de corrientes alternativas*, alternating current dynamo;
 —*de corriente continua*, direct, continuous, current dynamo;
 —*en derivación*, shunt wound dynamo;
 —*con excitación independiente*, separately excited dynamo;
 —*en serie*, series-wound dynamo.
- dinamo-bomba, f., (*mach.*) electric pump.
- dinamómetro, m., (*phys.*) dynamometer;
 —*de torsión*, torsion dynamometer.
- dique, m., jetty, dike; (*nav.*) dry dock; (*geol.*) dike.
- dirección, f., direction; (*auto.*) steering gear.
- directriz, a., directing.
- dirigible, a., dirigible; m., (*aero.*) dirigible balloon.
- dirigir, v.t.r., to direct; (*nav.*) to steer.
- disco, m., disk, plate;
 —*de acoplamiento*, (*mach.*) coupling disk or plate;
 —*de fricción*, (*mach.*) friction disk.
- disgregación, f., disintegration.
- disimetría, f., dissymmetry.
- disolución, f., (*chem.*) solution.
- disolvente, m., (*chem.*) solvent.
- disparar, v.n., v.t., (*mil.*) to fire.
- disparo, m., (*mil.*) shot.

distribución, f., distribution, supply; (*mach.*) valve gear.
distribuidor, m., (*elec.*) timing switch, contact maker; distributing main.
distributor, m., (*hydr.*) main, water main; supply pipe.
disuelto, a., dissolved.
disyuntor, m., (*elec.*) reserve-current switch;
 —*á mínima*, (*elec.*) minimum cut-out, underload circuit breaker.
 —*á máxima*, maximum cut-out, overload circuit breaker;
división, f., (*mil.*) division, (body of troops).
divisoria, f., (*top.*) divide, watershed.
doblar, v.t.r., to bend, bend over, buckle.
dorado, m., gilding.
dosis, f., quantity.
dotación, f., (*nav.*) crew.
draga, f., (*mach.*) dredge.
drenaje, m., drainage.
drenar, v.t., to drain.
drusa, f., (*geol.*) geode.
duela, f., (*r.r.*) fish plate.
duración, f., (*phys.*) duration.
duro, a., hard; (of a spring) stiff; (of a balloon) flexible, (type, Clément Bayard).

E

ebullición, f., (*phys.*) boiling, ebullition;
punto de —, boiling point.
ebonita, f., (*elec.*) ebonite.
ecuación, f., (*math.*) equation.
ecuador, m., equator.
echar, v.t., to throw, cast; to eject;
 —*á pique*, (*nav.*) to sink.
efecto, m., effect;
efecto—continued
de doble—, (*mach.*) double-acting.
de simple—, (*mach.*) single-acting.
eje, m., (*phys., eng., etc.*) axis; (*mach.*) axle; shaft; pin;
 —*de giro*, (*mach.*) rotating shaft;
 —*motor* (*r.r.*) driving axle;
 —*óptico*, (*phys.*) optical axis.
ejército, m., (*mil.*) army.
elasticidad, f., (*phys.*) elasticity.
elástico, a., elastic.
electrizar, v.t., (*elec.*) to electrify.
electrodo, m., (*elec.*) electrode.
eléctrico, a., (*elec.*) generating electricity.
electroimán, m., (*elec.*) electromagnet.
electrolítico, a., (*chem. elec.*) electrolytic.
electrolito, m., (*chem., elec.*) electrolyte.
electrometalización, f., (*elec.*) electroplating.
electromotor, m., (*elec.*) electromotor, electric motor.
electronegativo, a., (*elec.*) electronegative.
electropositivo, a., (*elec.*) electropositive.
electróptica, f., (*phys.*) electro-optics.
electroquímica, f., (*chem.*) electrochemistry.
elemento, m., (*elec.*) element, single cell.
elevador, m., hoist, lift, elevator;
 —*de tensión*, (*elec.*) booster.
embalar, v.t., (*auto.*) to cause a motor to "race."
embarcación, f., boat.
embarradero, m., quay, wharf.
embarrancada, f., (*nav.*) running aground, ashore; beaching.

- embarrancar, v.t., (*nav.*) to run aground.
- embocadura, f., (*top.*) mouth (of a river).
- émbolo, m., (*steam, mach., etc.*) piston.
- emboscada, f., (*mil.*) ambushade.
- embotellamiento, m., bottling-up.
- embragar, v.t., (*auto., etc.*) to clutch, to engage.
- embrague, m., (*mach.*) engaging and disengaging gear; coupling, clutch;
 —por cono de fricción, (*auto., etc.*) friction cone clutch;
 —de fricción, (*auto., etc.*) friction clutch;
 —de garras, (*auto., etc.*) claw clutch;
 —metálico, (*auto., etc.*) metal clutch.
- embridar, v.t., (*r.r., etc.*) to fish.
- embudar, v.t., to equip with a funnel.
- embudo, m., funnel.
- embutir, v.t., to force, force in, press in.
- emerger, v.n., to emerge, come to the surface.
- empalmar, v.t., to assemble, join, join together; to couple (as one length of tubing to another).
- empalme, m., (*eng., etc.*) joint, assemblage.
- empaque, m., packing.
- empaste, m., (*expl.*) paste.
- empeñar, v.t., to engage.
- emplazamiento, m., site.
- empobrecimiento, m., (*min.*) running out of a vein.
- empuja-clavijas, m., pin-bolt drift.
- empuje, m., (*phys., eng.*) push, thrust;
 centro de—, (*phys.*) center of thrust, of pressure.
- encabritada, f., (*aero.*) rising of an aeroplane in front, rearing (so to say).
- encabritamiento, m., (*aero.*) tendency of an aeroplane in motion to rise forward.
- encaje, m., engagement (as, of a trolley on its wire).
- encauce, m., direction, control (as, of a stream of air, etc.).
- encauzar, v.a., to canalize, to channel, to conduct water through channels.
- encebar, v.t., to start (as an engine, a pump, etc.); to prime.
- encendedor, m., (*elec., mach.*) igniter, lighter.
- encender, v.t., to light, light up.
- encendido, m., (*auto.*) ignition gear; ignition.
- encerrar, v.t., to inclose.
- encina, f., evergreen oak (tree and wood).
- encolar, v.t., to glue.
- encorvadura, f., curvature, curved form.
- encorvar, v.t., to curve, to bend.
- encurvar, v.t., to curve.
- enderezar, v.t., to straighten; (*elec.*) to rectify (an alternating current).
- endotérmico, a., (*chem.*) endothermous.
- energía, f., (*phys.*) energy;
 —actual, kinetic energy.
 —potencial, potential energy.
- enfiar, v.t., to sight out, line out, a course or direction; to sight (on a star).
- enfriamiento, m., cooling; (*auto.*) cooling gear.
- enfriar, v.t., to cool, cool down.
- engancha, v.t., to hitch up, to harness (a horse, a team of horses, etc.), to hook.
- enganche, m., (*r.r.*) coupling.

- engastar, v.t., to set (as, a diamond).
- engomado, a., gummed, covered with caoutchouc, rubberized.
- engranaje, m., (*mach.*) gearing.
- engranar, v.n., (*mach.*) to engage in, to gear in with.
- engrasador, m., (*mach., etc.*) oiler, lubricator.
- engrasar, v.t., (*mach.*) to lubricate, to oil.
- engrase, m., (*mach.*) lubricant, lubrication;
- aparato de—, lubricating gear.
- enjuto, a., dryshod.
- enlace, m., (*eng.*) brace, bracing; (*top.*) junction of roads.
- enlazar, v.t., to connect, bind together; (*elec.*) to connect up, join up.
- enmangar, v.t., (*mach.*) to key on, slip on, shrink on.
- ennegrecer, v.t., to blacken.
- ennoblecimiento, m., (*min.*) increase of richness in a lode.
- enrarecer, v.t., (*phys.*) to rarefy.
- enrarecimiento, m., (*phys.*) rarefaction, rarefying.
- enrejado, m., lattice-work.
- enrojecer, v.t., to redden.
- enrollamiento, m., (*elec.*) coil, winding.
- enrollar, v.t., to coil, wind up, roll up; (*elec., etc.*) to wind, coil.
- ensambladura, f., (*eng.*) scarf, scarf joint.
- ensayar, v.t., (*eng., etc.*) to test, prove; to experiment.
- ensayo, m., (*eng., etc.*) test, trial, proof, experiment.
- ensenada, f., (*top.*) cove, inlet, small bay.
- ensuciar, v.t., (*art., sm.a.*) to foul (the bore).
- entarimado, m., flooring.
- enterrado, a., (*top.*) sunken (of a road).
- entibado, m., (*min.*) shoring, wood tubbing.
- entorpecer, v.t., (*mach.*) (of a mechanism) to put out of play, out of gear.
- entrada, f., entrance.
- entramado, m., (*eng.*) framework.
- entretenimiento, m., maintenance.
- entubado, m., (*min.*) tubing, lining, of a shaft.
- enturbiar, v.r., to become clouded.
- envergadura, f., spread (of a sail, of wings);
- relación de—, (*aero.*) aspect ratio.
- envoltura, f., wrapping; (*mach.*) cleading; (*aero.*) envelope, sheath, casing.
- envolvente, f., (*steam, etc.,*) cleading.
- envuelta, f., case; (*mil.*) mine-case; (*mach.*) jacket.
- equilibrado, p.p., (*mach.*) balanced.
- equilibraje, m., equilibrium.
- equilibrar, v.t., (*mach.*) to balance.
- equilibrio, m., (*phys.*) equilibrium.
- equipaje, m., (*mil.*) equipage.
- era, f., era;
- cuaternaria, (*geol.*) quaternary era;
- primaria, (*geol.*) palaeozoic era;
- primitiva, (*geol.*) primitive, archæozoic era;
- secundaria, (*geol.*) mesozoic era;
- terciaria, (*geol.*) tertiary era.
- erosivo, a., (*geol.*) erosive.

- escafandra, f.,** diving costume, diver's dress.
escala, f., (*phys., etc.*) scale.
escalera, f., stair, staircase;
 —*de mano*, stepladder.
escalón, m., step.
escantillón, m., sample.
escape, m., (*steam, etc.*) exhaust; leak.
escarpado, a., (*top.*) steep, m., (*top.*) cliff, bluff.
escarpia, f., (*r.r.*) rail-spike.
escenario, m., stage, scene.
esclusa, f., lock, canal lock, sluice.
escobilla, f., brush; (*elec.*) brush (of a dynamo).
escombros, m., rubbish, debris, spoil.
escoria, f., scoriae.
 —*de fundición*, furnace slag.
escotilla, f., (*nav.*) hatch; lid, cover, of a torpedo-tube;
 —*de la máquina*, (*nav.*) engine hatch.
escuadra, f., (*nav.*) squadron.
escurrimiento, m., discharge, carrying off of waters.
esencia, f., generic term for gasoline, alcohol, benzine, etc.;
 —*de petróleo*, petrol, petroleum spirit, gasoline.
esférico, a., (*math.*) spherical.
esferita, f., small sphere, ball.
esferoide, m., (*math., etc.*) spheroid.
esfuerzo, m., effort; (*phys.*) stress;
 —*cortante*, (*eng.*) shearing stress.
eslabón, m., chain-link; flint-steel;
 —*de hidrógeno*, (*phys.*) hydrogen occlusion apparatus;
 —*pneumático*, (*phys.*) fire syringe.
eslora, f., (*nav.*) length of a ship.
esmeril, m., emery.
esmerilado, a., emiered.
espaciar, v.t., to set (so far) apart, to space.
espacio, m., space.
espada, f., sword.
espalda, f., back.
espático, a., spathic, spathose.
específico, a., (*phys., etc.*) specific.
spectral, a., (*phys.*) spectral, of, or pertaining to, the spectrum.
espectro, a., (*phys.*) spectrum;
 —*continuo*, (*phys.*) continuous spectrum;
 —*magnético*, (*elec.*) magnetic spectrum;
 —*solar*, (*phys.*) the solar spectrum.
espectroscopia, f., (*phys.*) spectroscopy.
espectroscópico, a., (*phys.*) spectroscopic.
espectroscopio, m., (*phys.*) spectroscope.
espejo, m., mirror.
espeso, a., thick.
espesor, m., thickness; (*phys.*) density (as, of a gas).
espiga, f., (*mach.*) pin.
espira, f., spire, turn (as of a wire).
esplanación, f., (*r.r.*) roadbed.
espolón, m., spur; (*nav.*) ram.
espolvorear, v.t., to sprinkle (with powder, dust, etc.).
esponjoso, a., spongy.
espuma, f., foam; (*steam*) foaming, priming, of a boiler.
espumadera, f., skimmer, skimming spoon.
esqueleto, m., skeleton, (hence) frame.

- esquema**, m., scheme.
esquemático, a., schematic;
figura— a, schematic diagram.
estabilizador, m., (*aero.*) stabilizer, any stabilizing device; a., stabilizing.
estabilidad, f., stability.
estable, a., stable.
estaca, f., picket, stake.
estación, f., station; season; (*r.r.*) station;
 — *de alimentación*, (*r.r.*) watering and coaling station;
 — *de depósito*, (*r.r.*) yard;
 — *de electricidad*, (*elec.*) power house;
 — *de lluvias*, rainy season;
 — *de paso*, (*r.r.*) way station;
 — *receptora*, (*elec.*) receiving station (wireless, etc.);
 — *transmisor*, (*elec.*) sending station (wireless, etc.).
estacionar, v.r., (of waters) to settle, become stationary.
estadística, f., statistics.
estado, m., state, condition; (hence) error of a clock, of a chronometer; (*mil.*) staff; — *mayor*, (*mil.*) general staff.
estái, m., stay, brace.
estallar, v.t., to explode, burst; v.n., (*elec.*) to be produced (of an electric spark).
estanco, a., staunch, watertight.
estanque, m., pond, reservoir.
estafífero, a., (*min.*) tin bearing.
estaño, m., (*chem.*) tin.
estático, a., (*phys.*) static.
estatóscopo, m., (*phys.*) statoscope.
este, m., east.
estela, f., wake.
estelar, a., stellar, sidereal.
estemple, m., (*min.*) stemple.
estepa, f., (*top.*) steppe.
estéril, m., (*min.*) barren rock, oreless rock; dead.
estiaje, m., low water mark, stage.
estilete, m., pin, stud.
estirar, v.t., to pull; (*eng.*) to produce tension.
estiva, f., stowing.
estopa, f., tow, hemp.
estrato, m., (*geol.*) stratum.
estrella, f., star;
 la— *polar*, the Polestar.
estriado, p.p., fluted, striated.
estribación, f., (*top.*) spur, lesser chain of mountains.
estribo, m., stirrup; step; tread; footboard; (*top.*) spur (of a mountain system); (*eng.*) abutment, shore-end, of a bridge;
 — *corrido*, (*r.r.*) running board.
estribor, m., (*nav.*) starboard, right (U. S. Navy).
estrio, (*min.*) sorting.
estronciana, f., (*chem.*) strontia.
estroncio, m., (*chem.*) strontium.
estrujar, v.t., to press, squeeze, compress.
estuco, m., plaster.
estufa, f., stove; oven; drying room, oven or stove.
éter, m., (*chem.*) ether; (*phys.*) ether (the so-called luminiferous ether of space).
etéreo, a., (*phys.*) ethereal, pertaining to the ether.
etino, m., (*chem.*) acetylene.
etilo, m., (*chem.*) ethyl.
eudiométrico, a., (*phys.*) eudiometric.
eudiómetro, m., (*phys.*) eudiometer.
evacuar, v.t., (*mil.*) to evacuate.
evolucionar, v.n., to maneuver.

excéntrico, a., (*mach.*, etc.) eccentric.
 excitación, f., (*elec.*) excitation;
 —*compound*, compound excitation;
 —*en derivación*, shunt excitation;
 —*independiente*, separate excitation;
 —*en serie*, series excitation.
 excitador, a., (*elec.*) exciting;
 m., (*elec.*) exciter.
 existencia, f., stock, contents (as, of a powder magazine).
 exotérmico, a., (*chem.*) exothermous.
 experiencia, f., experiment.
 experimento, m., experiment.
 exploración, f., (*de minas*) prospecting.
 explorador, m., (*mil.*) scout.
 explosión, f., (*mil.*, *min.*, etc.) explosion;
 —*fallida*, (*auto.*) misfire.
 explosivo, m., explosive.
 explotación, f., exploitation, working;
 —*á cielo abierto*, (*min.*) open work, open working, coffin;
 —*por lavado*, (*min.*) washing;
 —*subterránea*, (*min.*) underground mining.
 explotar, v.t., to work, exploit (as, mines, etc.); to explode.
 extracorrente, f., (*elec.*) self-induced current, extra current;
 —*de ruptura*, extra current on breaking.
 extraer, v.t., to extract.
 estrangulamiento, m., (*min.*) choke, narrowing (of a vein).
 eyector, m., (*mach.*) ejector;
 —*de vapor*, steam ejector.

F

fábrica, f., factory, manufactory, plant, power house, mill;
 (*eng.*) masonry, masonry work; stone work; building stone;
 —*de electricidad*, (*elec.*) generating plant, power house;
 —*de pólvora*, (*expl.*) powder works, powder mill;
 —*de serrar*, sawmill.
 fabril, a., of manufacture.
 factor, m., factor;
 —*de seguridad*, factor of safety.
 faja, f., band, belt.
 falda, f., (*top.*) flank, side of mountain.
 falla, f., (*geol.*) open fault, (i.e. walls not in contact), fissure.
 —*simulada*, (*geol.*) simulated or sham fault.
 fango, m., mud;
 recipiente de. —, (*steam*) mud drum;
 faradía, f., (*elec.*) (name proposed by the Spanish Academy for) farad, (the usual expression).
 fardo, m., bale, parcel, parcel of freight.
 farol, m., lantern, (*r.r.*) signal lantern.
 fase, f., (*elec.*, etc.) phase.
 fenol, m., (*chem.*) phenol.
 fenólico, a., (*chem.*) phenol.
 fenoltaleína, f., (*chem.*) phenolphthalein.
 fermentar, v.t.n., to ferment.
 fermento, m., germ.
 fermento, m. (*chem.*) ferment.
 ferretería, f., hardware;
 —*mecánica*, machine shop.
 férrico, a., (*chem.*) ferric.
 ferrocarril, m., (*r.r.*) railway.
 ferrocarrilero, a., (*r.r.*) rail.

- ferromanganeso, m., (*met.*) ferromanganese.
- ferroso, a., (*chem.*) ferrous.
- ferroviario, a., having to do with railways.
- fibra, f., fibre;
—*neutra*, (*eng.*) neutral fibre.
- ficha, f., pin; (*elec.*, etc.) plug, jack;
—*de contacto*, (*elec.*) contact plug.
- fietro, m., felt.
- fijo, a., (*phys.*, etc.) fixed; (*steam*) stationary (of an engine).
- fila, f., row.
- filamento, m., filament, (as, *elec.*, of an incandescent lamp).
- filete, m., thread (as of a screw).
- filón, m., (*geol.*) vein, lode;
—*de capa*, a vein whose walls are of the same geological formation;
—*de contacto*, a vein or lode whose walls are of different geological formation: contact lode;
—*en escalera*, stepped vein.
- filoniano, a., (*geol.*) relating to a vein or lode.
- filtrado, a., (*chem.*) filtered.
- filtrar, v.t., (*chem.*) to filter.
- filtro, m., (*chem.*) filter;
—*prensa*, pressure filter, filter press.
- firme, m., (*eng.*) pavement; roadway proper, of a bridge.
- física, f., physics.
- fisuración, f., (*min.*) fissuring.
- flanco, m., (*top.*) side, flank, of a mountain.
- flecha, f., arrow, index, index arm; (*aero.*, *phys.*, *eng.*, etc.) sag, deflection.
- fleje, m., strap.
- flexión, f., (*eng.*) flexion.
- floración, f., (*geol.*) outcrop.
- florescencia, f., efflorescence (as of nitre).
- flota, f., (*nav.*) fleet.
- flotador, m., float.
- flote, m., floating;
ó —, afloat.
- fluor, m., (*chem.*) fluorine.
- fluorhídrico, a., (*chem.*) fluorhydric, hydrofluoric.
- fluoruro, m., (*chem.*) fluoride.
- foco, m., focus, origin;
—*de luz*, source of light.
- fondo, m., bottom (of a river, well, the sea, etc.).
- fonología, f., (*phys.*) sound, acoustics.
- forja, f., (*met.*) forging.
- forjar, v.t., (*met.*) to hammer, forge, work under the hammer.
- forrado, m., lining, furring, sheathing.
- ferrar, v.t., to line, sheath.
- ferro, m., lining; (*elec.*) covering of a wire;
—*aislador*, (*elec.*) insulated covering, insulation.
- fortificación, f., (*min.*) shoring up, tubbing, sheathing; (generic term for all measures to prevent falling in, crumbling); (*mil.*) fortification.
- fosfato, m., (*chem.*) phosphate.
- fosforado, a., (*chem.*) phosphated.
- fósforo, m., (*chem.*) phosphorus; (hence) match.
- fósil, a. & m., fossil.
- fotoquímica, f., (*chem.*) photochemistry.
- fraguar, v.n., (*eng.*) to set (of mortar, cement, etc.).
- franja, f., (*phys.*) fringe.
- frasco, m., flask, bottle;
—*lavador*, (*chem.*) washing bottle;

frasco—continued

—*de loción*, (chem.) v.—*lavador*.

frecuencia, f., (elec.) frequency.

frenado, m., (auto.) application of the brakes, braking.

frenar, v.t., (auto., mach., etc.) to put on brakes.

freno, m., (auto., mach., etc.) brake;

—*de desembague*, (auto.) releasing pedal, clutch pedal, releasing foot-lever;

—*de mandíbulas*, (auto.) clamp brake, jaw brake;

—*pneumático*, (r.r.) airbrake.

frente, f., front;

hacerse —, to face each other.

fresno, m., ash (tree and wood).

fricción, f., friction.

frio, m., cold;

en —, (chem., etc.) cold, (of any test, etc., made without the application of heat).

frontis, m., façade; front (as, steam of a battery, of boilers).

frotador, m., (elec.) wheel, roller, of a trolley.

fructosa, f., (chem.) fructose, (more specially) fruit sugar.

fuego, m., fire; (mil.) fire;

dar — á, to set on fire;

—*en* —, (mil.) under fire, in action;

—*nutrido*, (mil.) strong, well directed fire;

romper el —, (mil.) to open fire.

fuerza, f., (phys.) force, power; *electromotriz*, (elec.) electromotive force (abbreviated to f.e.m.);

de sangre, animal power;

á toda — *de máquina*, (nav.) at full speed.

fuga, f., flight; escape; (steam, etc.) leak.

fulmicotón, m., (expl.) gun cotton.

fulminato, m., (expl.) fulminate.

función, f., function; (chem.) (in some cases) reaction.

funda, f., case, cover.

fundación, f., foundation, act of laying a foundation.

fundente, m., (chem., etc.) flux.

fundición, f., (met.) cast iron;

de —, cast, (more esp.) of cast iron, cast iron;

—*de hierro*, cast iron.

fundir, v.t., to fuse, melt, cast, found; v.r. (elec.) to fuse, blow out; (of a bulb) to burn out.

furgón, m., (mil.) baggage wagon; (U. S. Army) escort wagon; (r.r.) freight-car, baggage-car.

fuselage, m., (aero.) fuselage.

fusiforme, m., spindle; a., spindle shaped.

G

galactosa, f., (chem.) galactose.

galería, f., gallery; (min.) adit;

—*de ataque*, (min.) working drift;

—*de reconocimiento*, (min.) trial shaft or gallery.

gálíbo, m., (r.r.) gauge, loading gauge (of a freight car).

galio, m., (chem.) gallium.

galvanómetro, m., (elec.) galvanometer.

galvanoplastia, f., (elec.) electrotrometallurgy, electrotypy, galvanoplasty, electrotyping.

galvanoscopio, m., (elec.) galvanoscope.

gama, f., scale, gamut.

- ganado**, m., cattle, animals;
 —*de cerda*, swine;
 —*vacuno*, beef cattle.
ganga, f., (*min.*) gangue.
garganta, f., throat; (*mach.*)
 groove of a pulley; (*top.*)
 gorge; canyon; ravine.
gas, m., gas;
 —*de agua*, (*chem.*) water gas;
 —*del alumbrado*, illuminating
 gas;
 —*es del escape*, (*auto.*, *etc.*)
 exhaust gases;
 —*de hulla*, coal gas;
 —*pobre*, poor gas.
gaseoso, a., (*chem.*, *phys.*) gas-
 eous.
gasógeno, m., gas generator.
gasolina, f., gasoline.
gastar, v.t., to consume (oil,
 coal, *etc.*), expend.
gasto, m., expenditure.
gavilán, m., sparrowhawk.
gemelos, m. pl., field glasses;
 —*marinos*, marine glasses.
generador, m., (*elec.*, *etc.*) gen-
 erator.
general, m., (*mil.*) general;
 —*en jefe*, commanding gen-
 eral, general in chief;
 —*segundo jefe*, (*nav.*) second
 in command of a squadron.
generatriz, f., (*elec.*) generating
 dynamo, generator; (*math.*)
 generatrix.
geoda, f., (*geol.*) geode.
geogenia, f., (*geol.*) geogeny.
geólogo, m., geologist.
girar, v.n., to turn, revolve, ro-
 tate; (*nav.*) to go about.
giratorio, a., rotary, turning.
globo, m., globe, sphere, ball;
 the earth; (*aero.*) balloon;
 —*cautivo*, (*mil.*, *etc.*) captive
 balloon;
 —*compensador*, (*aero.*) bal-
 lonet;
globo—continued
 —*dirigible*, (*aero.*) dirigible
 balloon;
 —*esférico*, (*aero.*) spherical
 balloon;
 —*fusiforme*, (*aero.*) spindle
 shaped, cigar shaped, fusi-
 form, balloon;
 —*libre*, (*aero.*) free balloon.
globo-sonda, m., ballon-sonde.
glucosa, f., (*chem.*) glucose.
gobernalle, m., (*nav.*, *aero.*)
 rudder;
 —*de ariete*, (*hydr.*) water
 hammer;
 —*de dirección*, (*aero.*) verti-
 cal rudder, direction rud-
 der;
 —*de profundidad* (*aero.*)
 horizontal rudder, elevation
 rudder.
golpear, v.t., to strike, tap, hit,
 beat, hammer; (*phys.*) (in
 Joule's experiment) to agi-
 tate, churn; v.n., to strike
 upon, fall upon; (*mach.*) to
 "knock."
goma, f., india rubber;
 —*laca*, shellac.
goniómetro, m., goniometer; any
 angle measuring instrument.
grada, f., step; (hence: *top.*) a
 mountain or elevation ris-
 ing in steps.
grado, m., (*math.*, *etc.*) degree
 (of arc, latitude, *etc.*)
 (*phys.*) degree (of tempera-
 ture).
grafito, m., (*chem.*) graphite.
gramo, m., (*phys.*) gram.
granada, f., (*art.*) shell.
granito, m., (*geol.*) granite.
grasa, f., grease.
graso, a., fat, oily, unctuous.
grava, f., gravel.
gravidad, f., (*phys.*) gravity,
 force of gravity.

gravitar, v.n., to weigh down on.
 grieta, f., crevice, crack, fissure;
 (top.) gorge, ravine, chasm.
 grifo, m., faucet, spigot, cock;
 —de decompresión, (auto.)
 compression tap, relief cock.
 gripaje, m., jamming.
 gris, a., grey;
 —aceituna, olive gray.
 grisáceo, a., grayish.
 grisutoso, a., filled with, or ex-
 posed to, fire-damp.
 grueso, m., (mil., nav.) main
 body.
 guante, m., glove.
 guarapo, m., cane juice.
 guarda, m., (mil.) guardsman;
 —marina, (nav.) midshipman.
 guarismo, m., figure, digit, com-
 bination of figures or nu-
 merals.
 guarnecer, v.t., (mil.) to garri-
 son.
 guarnición, f., arrangement,
 outfit, mechanism, (mil.)
 garrison.
 guerrilla, f., (mil.) guerilla
 band.
 guía, f. & m., guide; (mach.)
 guide, guide-way; (nav.)
 line, (i.e., rope).

H

habilitar, v.t., to supply, furnish.
 hacinamiento, m., accumulation;
 (geol.) the accumulation of
 materials by erosion, etc.
 halogenado, a., (chem.) halog-
 enated.
 harina, f., flour.
 hastial, m., (geol.) wall of a
 vein or lode.
 haya, f., beech (tree & wood).
 haz, m., fagot, sheaf, bundle
 (phys.) pencil (of rays, of
 light, etc.).

hectowatt, m., (elec.) hecto-
 watt.
 helero, m., (top.) snow-cap (on
 a mountain).
 hélice, f., (math.) helix;
 (mach., etc.) propeller,
 screw.
 —á la derecha, right-handed
 spiral;
 —á la izquierda, left-handed
 spiral.
 helicóptero, m., (aero.) heli-
 copter.
 hello, m., (chem.) helium.
 helizoidal, a., (math.) helicoidal.
 hematites, f., (chem.) hematite.
 hembra, f., female; (mach.) fe-
 male.
 hemisferio, m., hemisphere.
 hender, v.t., to crack, split,
 cleave.
 hendidura, f., slot.
 heredad, f., farm, cultivated
 land.
 herido, m., wounded.
 herradura, f., horseshoe; any-
 thing of the form of a horse-
 shoe.
 herramienta, f., tool, implement.
 hervidero, m., (steam) lower
 cylinder, lower drum.
 hervir, v.i., to boil.
 hexavalente, a., (chem.) hexad,
 hexavalent.
 hidrácido, a., (chem.) hydracid.
 hidratante, a., (chem.) hydra-
 ting.
 hidrato, m., (chem.) hydrate.
 hidrocarburo, m., (chem.) hy-
 drocarbon.
 hidrógeno, m., (chem.) hydro-
 gen.
 hidrografía, f., hydrography.
 hidrostático, a., (phys.) hydro-
 static.
 hidróxido, m., (chem.) hydrox-
 ide.

hielo, m., ice, frost.

hierro, m., iron;

—*de ángulo*, (eng.) angle iron;

—*dulce*, (met.) soft iron;

—*forjado*, (met.) forged iron;

—*fundido*, (met.) cast iron;

—*soldado*, (met.) wrought iron;

—*zores*, (eng.) \cap —, Δ —, shaped iron, tubular iron.

hilera, f., drawing plate, drawing frame; row, line, tier, file; (steam) stack, (of tubes in a boiler).

hilo, m., (phys., etc.) thread; (min.) direction of a stratum (of its intersection with the surface of the ground).

—*de equilibrio*, (elec.) equalizing wire;

—*de trole*, (elec.) trolley wire;

—*de vuelta*, (elec.) return wire.

hinchar, v.t., to swell, inflate; to belly out.

hogar, m., furnace, fire box, hearth, fire place, flue;

—*exterior*, (steam) external flue;

—*interior*, (steam) internal flue;

—*tubular*, (steam) fire tube.

hoja, f., leaf, sheet.

hojoso, a., leafy.

hondo, a., deep.

hondonada, f., (top.) dell, glen; (geol.) depression.

hondura, f., depth.

hora, f., hour, time;

distribución de la —, communication of time.

hormigón, m., (eng.) concrete;

—*de cemento*, cement concrete;

hormigón—continued

—*hidráulico*, hydraulic concrete.

hornillo, m., stove, oven.

horno, m., furnace;

alto —, (met.) blast furnace;

—*eléctrico*, electric furnace;

—*de mufla*, (chem., etc.) muffle.

horquilla, f., fork, crutch; (mach.) forkhead;

—*de desembrague*, (auto.) releasing fork.

hostilizar, v.t., (mil.) to attack, operate against.

hueco, a., hollow, empty.

hueco, m., hollow; (elec.) crater (of an arc light carbon); (eng.) opening, i.e., space between the elements of a truss or frame.

huelgo, m., space, clear space.

huerta, f., kitchen garden.

hueso, m., bone.

hulla, f., (bituminous) coal;

—*blanca*, white coal, i.e., water power;

—*grasa*, fat coal;

—*negra*, (ordinary) coal, coal proper;

—*seca*, close burning coal.

hullero, a., relating or pertaining to coal.

humedad, f., moisture.

humedecer, v.a., to moisten.

humo, m., smoke.

hundimiento, m., sinking; (min.) caving.

hundir, v.r., to collapse, to cave in.

huracán, m., hurricane.

huracanado, a., cyclonic, of hurricane strength.

huso, m., spindle.

hysteresis, f., (elec.) hysteresis.

I

- igualatriz, *f.*, (*elec.*) equalizing transformer.
 imán, *m.*, (*elec.*) magnet.
 —*director*, controlling magnet.
 imanación, *f.*, (*elec.*) magnetization.
 imanar, *v.t.*, (*elec.*) to magnetize.
 imantación, *f.*, magnetization.
 imantar, *v.t.*, to magnetize.
 impelente, *a.*, forcing.
 inalámbrico, *a.*, (*elec.*) wireless.
 incandescencia, *f.*, (*phys.*) incandescence.
 inclinación, *f.*, dip (of the needle).
 incoloro, *a.*, colorless.
 incrustación, *f.*, incrustation; (*steam*) incrustation, boiler scale.
 indicador, *m.*, index (of a graduated instrument); sign, signboard.
 —*de curva*, (*r.r.*) curve-board.
 —*de rasante*, (*r.r.*) gradient board.
 índice, *m.*, index, pointer.
 indio, *m.*, (*chem.*) indium.
 inducción, *f.*, (*elec.*) induction.
 inducido, *a.*, (*elec.*) induced.
 inducido, *m.*, (*elec.*) armature, rotor;
 —*de anillo*, ring armature;
 —*de disco*, disk armature;
 —*giratorio*, rotating armature;
 —*de tambor*, drum armature.
 inductor, *a.*, (*elec.*) inducing.
 inductor, *m.*, (*elec.*) primary coil, field magnet.
 inductriz, *a.*, (*elec.*) inductive.
 inercia, *f.*, (*phys.*) inertia.
 inestabilidad, *f.*, instability.
 inestable, *a.*, unstable.
 infantería, *f.*, (*mil.*) infantry.
 inflamación, *f.*, inflammation;
 (*auto.*) ignition gear (of an automobile).
 inflamador, *m.*, (*elec.*) igniter;
 (*auto.*) contact point.
 informe, *m.*, report.
 ingeniería, *f.*, engineering;
 —*artillera*, (*art.*) artillery engineering.
 ingeniero, *m.*, (*mil.*, *etc.*) engineer;
 —*naval*, (*nav.*) naval constructor.
 inmersión, *f.*, immersion.
 inodoro, *a.*, odorless.
 insensibilización, *f.*, (*elec.*) insensitiveness.
 insignia, *f.*, (*nav.*) flag.
 insistir, *v.n.*, (*eng.*, *etc.*) to nest, (as, one piece upon another).
 insolubilización, *f.*, (*chem.*) process of making insoluble.
 insolubilizar, *v.t.*, (*chem.*) to make insoluble.
 instalación, *f.*, installation, plant;
 —*de alumbrado* (*elec.*) electric lighting plant.
 instrucción, *f.*, (official) circular of instructions).
 insurrecto, *m.*, insurgent, rebel.
 intemperie, *f.*, weather (i.e.) bad weather.
 intensidad, *f.*, intensity.
 intercalar, *v.t.*, to intercalate, interpolate, insert between, introduce.
 intercambiable, *a.*, interchangeable (of parts of a mechanism, etc.).
 interesar, *v.t.*, to penetrate into, engage in.
 interferencia, *f.*, (*elec.*) interference.
 inter polar, *a.*, (*phys.*) inter polar.

Interruptor, m., (*elec.*) interrupter, key, switch, circuit breaker;

—*á fuerza centrífuga*, (*elec.*) centrifugal interrupter;

—*de máxima*, (*elec.*) overload cut-out, overload switch;

—*de mercurio*, mercury interrupter;

—*simple*, single-break switch.

Intersticio, m., interstice.

Inundar, v.t., (*mil.*, *nav.*) to flood (as, a magazine).

invertina, f., (*chem.*) invertase.

Inyección, f., injection.

Ión, m., (*chem.*) ion (better spelt *yón*).

Irradiación, f., (*phys.*) radiation.

Irradiar, v.t., (*phys.*) to radiate.

Isocronismo, m., (*phys.*) isochronism.

Isócrono, a., (*phys.*) isochronous.

Isia, f., (*top.*) island.

Islote, m., (*top.*) islet.

Istmo, m., (*top.*) isthmus.

J

Jalón, v.n., stake.

Jalonar, v.t., to stake out.

Jarabe, m., syrup.

Jardín, m., flower garden.

Jaspe, m., jasper.

Jefe, m., chief, head; captain; (*mil.*) chief (of a staff department, etc.).

—*de escuadrón*, (*mil.*) major (of artillery or cavalry);

—*de ingenieros*, (*mil.*) chief engineer.

Jerarquía, f., (*mil.*, *etc.*) hierarchy, (hence) rank.

Jinete, m., horseman; (*mil.*) trooper, cavalryman.

Jornada, f., day (i.e., day of accomplishment, of performance).

Jubilar, v.t., to pension, put on the retired list.

Juego, m., play, game; set; (*mach.*) play.

Jugo, m., juice.

Julio, m., (*elec.*) (name proposed by the Spanish Academy for) joule, (the usual expression).

Junta, f., committee, board; (*eng.*) joint, jointing, assembling;

—*consultiva*, advisory board or committee;

—*de dilatación*, (*hydr.*) expansion joint.

K

kilo, m., kilogram.

kilógramo, m., kilogram.

kilográmetro, m., kilogrammetre.

kilovatio, m., (*elec.*) kilowatt.

kilowatt-hora, m., (*elec.*) kilowatt-hour.

kiosco, m., kiosk; (*nav.*) deck-house of a submarine.

kriptón, m., (*chem.*) krypton.

L

laboreo, m., (*min.*) works, working.

labrar, v.t., to work, make.

laca, f., lac, gum-lac.

lactosa, f., (*chem.*) lactose, milk sugar.

ladera, f., (*top.*) flank, side of a mountain.

lado, m., side.

ladrillo, m., brick;

horno de —, brick furnace or hearth.

lago, m., (*top.*) lake.

lamido, a., & p.p., worn, scored.

lámina, f., blade, strip, sheet, thin plate.

- laminar, v.t., to roll (plates, sheets, of metal).
 lámpara, f., lamp;
 —*de arco*, (elec.) arc light;
 —*incandescente*, (elec.) incandescent lamp.
 lamparita, f., small lamp.
 lanar, a., wool, woolly (of sheep).
 lanchita, f., launch.
 landa, f., (top.) heath, moor.
 lanzamiento, m., launching, casting, throwing; launching (of a torpedo).
 lanzar, v.t., to send, launch, throw; to launch (a torpedo).
 lápiz, m., pencil;
 —*plomo*, graphite, black lead.
 larguero, m., (eng.) beam, bolster, sill; (aero.) skid of the Wright biplane; longitudinal rib of a supporting surface;
 —*longitudinal*, longitudinal beam (as, of a bridge);
 —*protector*, (r.r.) guard beam.
 lastrar, v.t., to ballast.
 latitud, f., latitude.
 latón, m., (met.) brass.
 lavado, m., washing.
 lecho, m., bed; (hence, aero.) foundation, supporting foundation;
 —(top.) bed of a stream or river;
 —(geol.) small layer or stratum.
 lengüeta, f., feather, tongue.
 leño, m., log, billet (of wood).
 lente, f., (phys.) lens.
 lenteja, f., disk; pendulum bob; anything of lenticular form.
 letrero, m., (top.) name of a place, etc., on a map.
 leva, f., (mach.) cam, lifter, wiper, tappet;
 leva—continued
 —*de escape*, (mach.) exhaust cam;
 —*de mando*, (mach.) controlling cam.
 levadura, f., yeast, ferment.
 levantamiento, m., (top.) preparation, making, of a map or plan; survey (geol.) upheaval.
 —*á ojo*, (top.) visual survey, eye-sketch (i.e., made without instruments).
 levantar, v.t., to pick up, raise, (as, torpedoes).
 —*un plano*, (top.) to make a plan, map; to survey, make a survey;
 —*un plano á ojo*, (top.) to make a visual survey, an eye-sketch;
 —*vapor*, (steam) to get up steam.
 levulosa, f., (chem.) levulose, fruit sugar.
 libre, a., free; open (of the air) (r.r.) open (of the track).
 licor, m., liquor;
 —*de Fehling*, (chem.) Fehling's solution.
 licuefacción, f., (phys.) liquefaction.
 liebre, f., hare.
 liga, f., (met.) alloy.
 ligar, v.t., to bind, tie together, connect; (elec.) to connect up.
 lignito, m., lignite.
 ligroína, f., (chem.) ligroin.
 lima, f., file.
 limadura, f., filing (generally in pl.); (elec.) filings, (as of the Branly coherer).
 limar, v.t., to file.
 limbo, m., (phys.) limb, (of a transit, etc.).
 limpiar, v.t., to clean, free from.

limusina, f., (*auto.*) limousine.
 línea, f., line; (*elec.*) electric line (telegraph, telephone, power, etc.);
 —de flotación, (*nav.*) water-line;
 —de fuerza, (*elec.*) line of force.
 —de punto, dotted line.
 lingote, m., (*met.*) ingot.
 linterna, f., lantern.
 liquefacción, f., liquefaction.
 líquido, m., liquid.
 lira, f., lyre.
 liso, a., smooth.
 listón, m., strip, cleat, lath.
 litio, m., (*chem.*) lithium.
 litro, m., (*phys.*) liter.
 lock, m., (*nav.*) log.
 locomotor, a., locomotive.
 locomotora, f., (*r.r.*) locomotive.
 locomóvil, a., movable, portable (of an engine).
 loma, f., (*top.*) hill, elevation.
 lomo, m., back.
 lona, f., canvas.
 longitud, f., longitude, length;
 —de onda, (*phys.*) wave length.
 lonja, f., slice.
 lote, m., lot.
 lubricador, a., (*mach.*) lubricating.
 lubricar, v.t., (*mach.*) to lubricate.
 lugar, m., place;
 —geométrico, (*math.*) locus.
 lumínico, a., (*phys.*) luminous.
 luminosidad, f., (*phys.*) luminosity.
 luminoso, a., luminous.
 luz, f., light; (*eng.*) span (of a bridge).
 —de bengala, Bengal light.

LI.

llama, f., flame.
 llamar, v.t., to call; to draw in, aspirate.
 llano, m., (*top.*) plain.
 llanta, f., tire, rim (of a wheel).
 llanura, f., (*top.*) plain.
 llave, f., key; faucet, cock, spigot; plug, valve;
 —de entrada, (*steam*) admission cock.
 lluvia, f., rain.

M

macizo, a., solid, in one piece.
 macizo, m., (*min.*) block, section, ore body.
 machacar, v.t., to crush (as stone).
 macho, a., m., male; (*mach.*) male.
 machón, m., (*cons.*) buttress, abutment, spur.
 madero, m., beam, timber, [i.e., piece of timber].
 magnesio, m., (*chem.*) magnesium.
 magnésico, a., (*chem.*) magnesian.
 magnético, a., (*elec.*) magnetic.
 magnetismo, m., (*elec.*) magnetism.
 magnetita, f., (*min.*) magnetite.
 magnetizar, v.t., (*elec.*) to magnetize.
 magneto, f., (*elec.*) magneto, magneto-electric machine.
 magullar, v.t., to bruise, mangle.
 malaquita, f., (*min.*) malachite.
 maleza, f., underbrush.
 maltosa, f., (*chem.*) maltose.
 malla, f., mesh, network; (*eng.*) distance between two adjacent panel points; panel.
 mamíferos, m. pl., mammals.

- mampostería, f., (*eng.*) rubble, rubble work, rubble masonry.
 manantial, m., spring, source, (hence; in general) any source, e.g., of electricity.
 mandar, v.t., to order, command; (*mach.*) to control (motion, parts);
 —una corriente, (*elec.*) to send, transmit, a current.
 mandíbula, f., (*lit.*, jawbone); (*mach.*) clamp, jaw.
 mando, m., (*mil.*, *nav.*) command; (*mach.*) control, operation, working.
 mandrinar, v.t., (*mach.*) to work, form, shape; to mandrel.
 manecilla, f., handle, lever; (*mach.*) crank-pin.
 manga, f., (*nav.*) beam.
 manganeso m., (*chem.*) manganese.
 mango, m., handle, stem.
 manguito, m., (*mach.*) muff, collar, sleeve.
 maniobra, f., maneuver; gear, tackle; (*mil.*, *nav.*) maneuver.
 maniobrar, v.t., to work, operate (as a mechanism); (*mil.*) to maneuver.
 manipulador, m., (*elec.*) key, sender.
 manivela, f., (*mach.*) crank;
 —de arranque, (*auto.*) starting handle, starting lever.
 mano, f., hand; coat of paint, of varnish.
 manómetro, m., (*mach.*, *steam*) gauge, manometer.
 manta-poncho, f., (*mil.*) rubber poncho.
 manubrio, m., handle, crank.
 mapa, m., map, chart.
 máquina, f., machine, engine; (*r.r.*) locomotive.
 —de alta (baja) presión, (*steam*) high (low) pressure engine;
 —de cilindro horizontal, (*steam*) horizontal engine;
 —de cilindro vertical, (*steam*) vertical engine;
 —compound, (*steam*) compound engine;
 —de compresión, air compressor;
 —compuesta, (*steam*) compound engine;
 —con (sin) condensación, (*steam*) condensing (non-condensing) engine;
 —sin condensador, (*steam*) non-condensing engine;
 —dinamo-eléctrica, (*elec.*) dynamo, dynamo-electric machine;
 —de enrarecimiento, rarefying engine;
 —de estación, (*r.r.*) shifting engine;
 —de expansión, (*steam*) expansion engine, compound engine;
 —de explosión, (*mach.*) explosion engine;
 —insuficiente, (*mach.*) blower, blowing engine;
 —magneto-eléctrica, (*elec.*) magneto, magneto-electric machine;
 —de mercancías, (*r.r.*) freight engine;
 —mixta, (*r.r.*) the locomotive of an accommodation train;
 —térmica, (*mach.*) heat engine;
 —de vapor fija, (*steam*) stationary engine;
 —de viajeros, (*r.r.*) passenger locomotive.

maquinaria, f., machinery, equipment, machine plant.

maquinista, m., engineer, machinist; locomotive engineer;

—*mayor*, (nav.) chief engineer.

mar, f. or m., sea.

marca, f., mark, stamp; trademark; (hence) house, (i.e., firm).

marco, m., frame; border (of a map).

marcha, f., (of engines, etc.) operation, performance, working;

—*atrás*, (auto.) reversing gear.

marchar, v.n., to travel, pass, march, go.

marea, f., tide;

—*alta*, high water;

—*baja*, low water.

marfil, m., ivory.

marga, f., loam, marl.

margen, f., (top.) bank of a river.

marina, f., shore, coast; ships, navy;

—*de guerra*, navy proper;

—*mercante*, merchant marine.

marisma, f., (top.) marsh, swamp.

mármol, m., marble.

martillo, m., hammer.

masa, f., (phys.) mass;

—*echada*, (geol., min.) pocket.

mascabado, a., raw, muscovado, (of sugar).

másico, a., (phys.) relating to the mass, mass.

mástil, m., mast, pole.

materia, f., matter, substance;

—*primeras* —s, raw materials.

material, m., material, stock;

material—continued

—*fljo* (r.r.) generic term for roadbed, fixtures;

—*móvil*, (r.r.) rolling stock.

matiz, m., hue, tint, shade.

matorral, m., (top.) thicket, copse.

matraz, m., (chem.) matrass, matrass; Florence flask.

mazito, m., little hammer; striker, clapper (as of a bell).

mazo, m., hammer, mallet; (hence, in apparatus) striker.

mecánico, m., engineer, machinist.

mechero, m., (chem., etc.) burner;

—*Bunsen*, Bunsen burner;

—*de gas*, gas burner, Bunsen burner.

médico, m., doctor, physician, (mil., nav.) surgeon.

medida, f., measure.

medio, m., middle, middle point.

mejorar, v.t., to improve.

melaza, f., molasses.

melibiosa, f., (chem.) melebiosa.

melón, m., melon.

memoria, f., memory; (top.)

memoir (to accompany a sketch or survey).

mena, f., (min.) ore.

ménsula, f., (eng.) bracket, cantilever.

mercúrico, a., (chem.) mercury.

mercurioso, a., (chem.) mercurious.

meridiana, f., meridian (of a sphere);

—*astronómica*, true, astronomical, meridian;

—*magnética*, magnetic meridian;

meridiano, m., meridian.

merma, f., loss, waste.

meseta, f., (top) table land.

- metal, m., metal.
 metaloide, m., (chem.) metalloid.
 metalóidico, a., (chem.) metalloid.
 metamorfismo, m., (geol.) metamorphism.
 metano, m., (chem.) methane.
 metargón, m., (chem.) metargon.
 metil, m., (chem.) methyl.
 metileno, m., (chem.) methylene.
 metílico, a., (chem.) methyllic.
 método, m., method;
 —por bancos, (min.) underhand stoping;
 —por galerías y pilares, (min.) method by pillars and stalls;
 —en realce, (min.) overhand stope or stoping;
 —en rebajo, (min.) underhand stope, or stoping;
 —por testeros, (min.) overhand stope or stoping.
 metro, m., meter.
 mezcla, f., (chem.) mixture.
 micáceo, a., (geol.) micaceous.
 miel, f. honey; sugar syrup.
 miliampere, m., (elec.) milliampere.
 militarizar, v.t., to militarize, i.e., give military organization to.
 milla, f., mile.
 mina, f., mine.
 minado, a., (mil.) mined.
 mineral, m., (geol.) mineral.
 mineralizado, a., (geol.) mineralized, holding minerals in solution.
 minero, m., miner.
 ministerial, a., ministerial, i.e., administrative, (U. S.) departmental.
 molde, m., mould, pattern, form.
 moldeo, m., forming, shaping, molding.
 molécula, f., (phys.) molecule.
 molino, m., mill.
 momento, m., (phys.) moment;
 —de inercia, moment of inertia;
 —resistente, (eng.) resisting moment.
 monocilíndrico, a., (auto.) single-cylinder, monocylindric.
 monofásico, a., (elec.) monophasic, single phase.
 monoplano, m., (aero.) monoplane.
 montaje, m., assemblage; mounting, fitting; (elec.) wiring, connection; (art.) mount, carriage;
 —en estrella, (elec.) Y-grouping, star grouping;
 —en triángulo, (elec.) delta connection, mesh grouping.
 montante, m., (eng.) upright, stanchion; (mach.) vertical guide-rod.
 montaña, f., (top.) mountain.
 montañoso, a., (top.) steeply mountainous.
 monte, (top.) mountain; forest, woodland;
 —alto, grove, etc., of high trees;
 —bajo, thicket, underbrush.
 montón, m., heap, pile.
 montuoso, a., (top.) mountainous.
 mortero, m., (eng.) mortar.
 motocicleta, f., (auto.) motorcycle.
 motor, a., (mach.) driving.
 motor, m., (elec., mach., etc.) motor;
 —de aletas, motor fitted with cooling ribs;
 —de cilindros en abanico, (aero.) V. motor or engine;

motor—continued

- de cilindros en estrella*, (aero.) radial motor;
- de cilindros fijos*, (aero.) fixed motor;
- de cilindros, móviles*, (aero.) rotary motor;
- de combustión interna*, internal combustion engine;
- de cuatro tiempos*, four-cycle motor;
- dos cilindros*, two-cylinder motor;
- rotativo*, (aero.) rotatory motor;
- sincrónico*, (elec.) synchronous motor;
- de vapor*, (steam) steam motor.

motor-generator, m., (elec.) motor-generator, dynamotor.

motor-transformador, m., (elec.) generic term for motor-generator, rotary converter, etc.

mover, v.t., to move, drive, operate.

movido, p.p.=a., (of the sea) rough;

—*á vapor*, steam driven.

móvil, a., moveable; (eng.) moving, live.

móvil, m., moving body.

movilizado, p.p.=a., (mil.) mobilized; said especially of native Cuban troops used in Cuba by Spain, in various insurrections and in the war of 1898.

movimiento, m., (phys., etc.) movement, motion;

—*oscilatorio*, oscillatory movement or motion.

muelle, m., wharf, platform; (mach., etc.) spring;

—*antagónico*, antagonistic spring;

muelle—continued

—*de carga*, (r.r.) loading platform;

—*de mercancías*, (r.r.) freight platform;

—*de retroceso*, (mach.) return spring;

—*para viajeros*, (r.r.) passenger platform.

muerto, m., (mil.) killed.

muestra, f., sample, specimen; (eng., etc.) test-piece.

mufia, f., (chem., etc.) muffle.

mula, f., mule;

—*de carga*, pack mule;

—*de tiro*, draft mule;

—*de varas*, shaft mule, wheel mule.

multiplano, m., (aero.) multiplane (projected).

multiplicador, m., (elec., etc.) multiplier.

multipolar, a., (elec.) multipolar.

municionar, v.t., (mil.) to supply with ammunition, stores, etc.

muro, m., wall, (min.) lower face of a stratum.

musgo, m., moss, (hence, in certain relations) sponge;

—*de platino*, (phys.) platinum sponge.

N

nabo, m., turnip.

nacimiento, m., birth; (top.), rise, source, of a stream.

nafta, f., (chem.) naphtha.

nave, f., ship.

navecilla, f., (aero.) car.

nebulosa, f., nebula.

negro, a., black; m., negro;

—*animal*, boneblack, animal black, animal charcoal, ivory black;

—*de humo*, lampblack;

—*marfil*, v.—*animal*.

negruzco, a., blackish
 neón, m., (chem.) neon.
 neumático, m., (auto.) pneumatic tire.
 nevar, v.n., to snow.
 nevada, f., snow, snowfall.
 nido, m., nest; (min.) nodule, nugget.
 níquel, m., (met.) nickel.
 niquelado, m., (met.) nickel plating.
 nitrar, v.t., (chem.) to nitrate.
 nitrato m., (chem.) nitrate.
 nítrico, a., (chem.) nitric.
 nitrificación, f., (chem.) nitrification.
 nitrificar, v.t., (chem.) to nitrify.
 nítrito, m., (chem.) nitrite.
 nitrocelulosa, f., (chem.) nitrocellulose.
 nitrógeno, m., (chem.) nitrogen.
 nitrogenado, a., (chem.) nitrogenous, nitrogenized.
 nitroglicerina, f., (expl.) nitroglycerine.
 nitroso, a., (chem.) nitrous.
 nivel, m., level, leveling instrument;
 —de agua, (steam) water gauge;
 —de burbuja de aire, spirit-level;
 —del mar, sea-level;
 —de vidrio, (steam, etc.) glass gauge, water gauge.
 nivelación, f., (top.) levelling; (in general) test of level.
 nivelar, v.t., (top.) to level, run a line of levels.
 nodal, a., (phys.) nodal.
 nodo, m., (phys.) node.
 nonius, m., vernier.
 nordeste, m., northeast.
 noria, f., noria, chain of buckets.
 noroeste, m., northwest.
 norte, m., north.

núcleo, m., nucleus (elec.) core, magnet core.
 nudo, m., vertex; (eng.) panel point (of a bridge).
 nuez, f., walnut (tree and wood).
 nummilita, f., (geol.) nummulite.

O

objetivo, m., (mil.) objective; (phys.) objective, object glass.
 oblicuo, a., oblique.
 observatorio, m., observatory.
 obturador, m., obturator.
 ocaso, m., setting (of a heavenly body); hence, west
 ocular, m., (phys.) ocular, eyepiece.
 oeste, a., west.
 oficial, m., (mil.) officer.
 oficina, f., office;
 —de patentes, patent office.
 óhmico, a., (elec.) ohmic.
 ohmio, m., (elec.) ohm (proposed by the Spanish Academy; the usual expression is ohm).
 oído, m., inner ear.
 ola, f., wave.
 olivar, m., olive grove.
 onda, f., (phys.) wave;
 —larga, long wave-length;
 —corta; short wave-length;
 —longitudinal, longitudinal wave, sound-wave.
 ondulación, f., (phys.) undulation.
 ondulado, a., (top.) rolling.
 ondulatorio, a., (phys.) undulating.
 onza, f., ounce.
 operario, m., workman, mechanic, operative.
 oprimir, v.t., to bear against.
 óptico, a., (phys.) optical.

ordenada, *f.*, (*math.*) ordinate.
 oreja, *f.*, ear; (hence, in many relations) lug, projection.
 orgánico, *a.*, (*chem.*) organic.
 organizado, *a.*, (*chem.*) organized, in the sense of vital, having life.
 órgano, *m.*, organ; instrument, means; (*in pl.*) parts, fittings, accessories.
 organometálico, (*chem.*) relating to organic metallic salts (e.g., tannates, oleates, etc.).
 orientable, *a.*, capable of being set in any direction.
 orientación, *f.*, (*top.*, etc.) orientation, determination of bearings.
 orientar, *v.t.*, (*top.*, etc.) to orient, get the bearings of.
 orilla, *f.*, bank (of a river).
 ornitóptero, *m.*, (*aero.*) ornithopter.
 orografía, *f.*, (*top.*) orography.
 ortogonal, *a.*, (*math.*) orthogonal.
 ortóptero, *m.*, (*aero.*) orthopter.
 oscilación, *f.*, (*phys.*) oscillation.
 oscilador, *m.*, (*elec.*) oscillator (wireless); (*mach.*) tripping device, rocker;
 —*de chispas*, (*elec.*) sparking oscillator (wireless).
 oscilar, *v.n.*, (*phys.*) to oscillate, swing.
 oscilatorio, *a.*, (*phys.*) oscillatory.
 ostrea, *f.*, shell, shells.
 ovalado, *a.*, oval.
 oxácido, *m.*, (*chem.*) oxacid.
 oxidado, *a.*, (*chem.*) oxidized.
 oxidante, *a.*, (*chem.*) oxidizing.
 óxido, *m.*, (*chem.*) oxide.
 oxigenar, *v.t.*, (*chem.*) to oxidize.

oxígeno, *m.*, (*chem.*) oxygen.
 oxihidrofosforado, *a.*, (*chem.*) containing water and phosphorus.
 óxima, *f.*, (*chem.*) oxime.
 ozono, *m.*, (*chem.*) ozone.

P

pala, *f.*, shovel; blade (of a propeller, of an oar).
 palanca, *f.*, lever; arm (as, *elec.* of a switch);
 —*acodillada*, *v.*—*doblada*;
 —*de cambio de velocidad* (*auto*) change-speed lever;
 —*doblada*, (*mach.*) bell crank lever, bent lever.
 palanquilla, *f.*, small lever.
 palastro, *m.*, sheet-iron, iron plating.
 paleta, *f.*, blade (as of a screw propeller).
 palmo, *m.*, palm.
 panal, *m.*, honeycomb.
 pantalla, *f.*, lamp-shade; (*phys.*) screen.
 pantano, *m.*, (*top.*) swamp, marsh.
 pantanoso, *a.*, swampy, boggy.
 paño, *m.*, cloth.
 pañol, *m.*, (*nav.*) store room; (*expl.*) powder magazine;
 —*de popa*, (*nav.*) after magazine.
 papel, *m.*, paper; rôle (of an actor); (hence, any) part, or function or duty;
 —*ferro-prusiano*, blue-print paper.
 papilla, *f.*, pap; (*chem.*) paste.
 par, *m.*, (*phys.*) couple; (*eng.*) rafter, main rafter.
 parafina, *f.*, (*chem.*) paraffine.
 paralelepípedo, *m.*, (*math.*) parallelepipedon.

- paralelo**, m., parallel of latitude.
paramento, m., (*eng.*) face, facing (as of a bridge or wall).
parduzco, a., grayish.
pared, f., wall, side.
paro, m., stop, stoppage.
parque, m., park; (*art, etc.*) park (establishment for receiving, storing, etc., ammunition or supplies in general).
parte, m., report.
partícula, f., (*phys.*) particle.
partida, f., lot; (*mil.*) guerilla, guerilla band.
pasador, m., (*mach.*) pin, bolt;
 —*de unión*, assembling bolt or pin.
pasamano, m., rail.
paso, m., pace, step; complete turn of a screw, pitch; (*rr., etc.*) crossing;
 —*corto*, fine thread, low pitch; (of a screw);
 —*largo*, steep pitch, (of a screw).
 —*á nivel*, (*rr*) grade crossing, level crossing;
 perdida de . . ., v.s.v. *perdida*;
 —*de tornillo*, turn of a screw.
pasta f., pulp, plastic materials.
pastoso, a., pasty.
pata, f., foot and leg (of an animal);
 —*s de araña*, (*mach.*) (lit., spider legs) oil ways, oil grooves;
 —*de liebre*, (*rr.*) wing rail.
patente, f., patent.
patentizar, v.t., to make evident; (*chem.*) to detect, identify.
patín, m., skate; (*auto.*) facer, brake block.
patinar, v.n., to skate; (*mach.*) to slip; (*rr., etc.*) of a wheel, to turn without advancing.
patrón, m., design, pattern, model; (*phys., elec., etc.*) standard.
peana, f., plate, stand, supporter, ground plate.
peatón, m. pedestrian.
pedal, m., pedal;
 —*de desembrague*, (*auto.*) releasing clutch, clutch pedal;
 —*de freno*, (*auto.*) brake pedal, brake foot lever.
pedalear, v.n., to pedal.
pedernal, m., flint.
pedregal, m., (*top.*) stony tract, area or stretch.
pedregoso, a., stony, rocky.
pegar, v.t., to fix, fasten, secure.
peldaño, m., step; (*min.*) bank, step.
película, f., film.
pendiente, m., slope (of the ground); (*min.*) upper face of a stratum.
pendolón, m., (*eng.*) king post of a king post truss.
pendular, a., (*phys.*) pendular, having to do with, or relating to, a pendulum.
péndulo, m., (*phys.*) pendulum;
 —*compuesto*, inverting pendulum, Kater's pendulum;
 —*de segundos*, seconds pendulum;
 —*simple*, simple pendulum.
peón, m., day laborer.
peralte, m., (*rr.*) elevation (of the outer rail).
percusión, f., percussion.
pérdida, f., loss;
 —*de paso*, slip of the screw.
perfil, m., profile.
perfilado, a., (*eng.*) of special cross-section (referring to compression pieces, beams, etc.).
periferie, f., periphery.
periscopio, m., (*nav.*) periscope.

- permanganato, m., (*chem.*) per-
manganate.
 permutatriz, f., (*elec.*) rotary
converter.
 perno, m., (*mach.*, etc.) bolt, pin;
 —*de acoplamiento*, coupling
pin or bolt;
 —*de sujeción*, holding down
bolt;
 —*de unión*, (*r.r.*, etc.) assem-
bling bolt.
 pesa, f., weight, clockweight.
 pesada, f., (*phys.*) weighing;
 —*directa*, direct weighing.
 pesado, a., heavy.
 pescante, m., (*eng.*) jib (of a
crane); (hence) cantilever.
 peseta, f., Spanish coin and val-
ue, = 20 cents U. S.
 peso, m., (*phys.*) weight; (*eng.*,
elec., etc.) load;
 —*de corredera*, (*aero.*, etc.)
sliding weight;
 —*móvil* (*eng.*) live, moving,
load;
 —*muerto*, (*eng.*) dead load;
 —*permanente*, (*eng.*) perma-
nent load, dead load.
 pestaña, f., flange, rim; (*r.r.*)
flange of a car-wheel.
 pétreo, a., rocky, stony.
 petróleo, m., petroleum, kero-
sene;
 —*bruto*, crude petroleum.
 picar, v.r., to become choppy (of
the sea).
 pico, m., (*top.*) peak.
 picrinita, f., (*expl.*) trinitro
phenol.
 piedra, f., stones, mass of
stones;
 —*caliza*, limestone;
 —*de imán*, (*elec.*) loadstone;
 —*machacada*, crushed stone.
 pieza, f., piece;
 —*polar*, (*elec.*) pole-piece.
 piezométrico, a., (*hydr.*) piezo-
metric.
 pila, f., (*eng.*) pier (of a
bridge); (*elec.*) battery;
 —*local*, (*elec.*) local battery;
 —*secundaria*, (*elec.*) second-
ary battery, storage battery.
 pilar, m., pillar.
 pilón, m., pylon.
 pilotar, v.t., to pilot (a balloon).
 pilote, m., pile, spile.
 piloto, m., (*nav.*, *aero.*) pilot.
 pino, m., pine (tree, wood).
 piñón, m., (*mach.*) pinion.
 pique, *tr á—*,
 (*nav.*, etc.) to go to the bot-
tom, to sink, to founder.
 pirita, f., (*chem.*) pyrites.
 pirofosfato, m., (*chem.*) pyro-
phosphate.
 pirogenado, a., (*chem.*) pyrog-
enous.
 piso, m., floor, pavement;
 (*min.*) lower face of a strata-
tum.
 pistillo, m., pestle (of a mortar).
 pistón, m., (*mach.*) piston;
 —*hueco*, hollow piston; trunk
piston.
 pistoncito, m., (*mach.*) small
piston.
 pitón, m., eyebolt.
 pizarra, f., slate; (hence) black-
board.
 pizarroso, a., (*geol.*) slaty.
 placa, f., plate, disk, plaque;
 (*elec.*) plate of a battery;
 —*agujereada*, strainer, rose
(of a pipe, etc.);
 —*de asiento*, (*mach.*) bed
plate;
 —*giratoria* (*r.r.*) turntable.
 placer, m., (*min.*) placer.
 plancha, f., metal plate, sheet;
 (*elec.*) plate of a battery;

plancha—continued

—*fusible*, (*steam*, *etc.*) fusible plug;

—*de punta*, (*r.r.*) chair, rail-chair.

plancheta, *f.*, plane table.

planeo, *m.*, (*aero.*) gliding.

planeta, *m.*, planet.

planicie, *f.*, (*top.*) plain.

planimetría, *f.*, (*top.*) planimetry, mensuration.

planivuelo, *m.*, (*aero.*) gliding flight, glide, volplane.

plano, *m.*, plan, plat, plot, map of a small area of ground; map in general; plate; (*math.*, *etc.*) plane;

—*corográfico*, (*top.*) general map, map of a country, of a province, *etc.*;

—*de deriva*, (*aero.*) deviating surface;

—*de estabilización horizontal*, (*aero.*) fin;

—*estabilizador*, (*aero.*) horizontal rudder or plane of a balloon;

—*geográfico*, (*top.*) geographic map;

—*á ojo* (*top.*) visual survey, eye sketch;

—*de sustentación*, (*aero.*) supporting plane;

—*topográfico*, (*top.*) topographic map, map giving details of a small area.

planta, *f.*, (*eng.*) plan.

plantilla, *f.*, model, pattern;

—*de carga*, (*r.r.*) loading gauge.

plata, *f.*, (*chem.*) silver.

plataforma, *f.*, platform; lighter.

plateado, *m.*, (*met.*) silver plating.

platillo, *m.*, small plate, disk;

—*de fricción*, (*math.*) friction disk.

platina, *f.*, plate, bed-plate.

platinifero, *a.*, (*min.*) platinum bearing.

platino, *m.*, (*chem.*) platinum.

playa, *f.*, (*top.*) beach.

playita, *f.*, (*top.*) small beach.

plaza, *f.*, square, place; person, head; (*mil.*) fortified position, fortress.

pliegue, *m.*, (*geol.*) fold.

plomada, *f.*, plumb-bob, plummet.

plombagina, *f.*, (*chem.*) graphite, black-lead.

plomo, *m.*, (*chem.*) lead.

plúmbico, *a.*, (*chem.*) plumbic.

plutónico, *a.*, (*geol.*) plutonic, igneous.

pneumático, *a.*, pneumatic.

poblado, *m.*, village; settlement.

poder, *m.*, power;

—*rotativo*, (*phys.*) power or quality of turning a beam of polarized light.

polaridad, *f.*, (*elec.*) polarity.

polarización, *f.*, (*phys.*) polarization.

polea, *f.*, pulley, block;

—*de garganta*, (*mach.*) grooved pulley;

—*loca*, (*mach.*) loose pulley, idle pulley;

—*de transmisión*, (*mach.*) transmitting pulley.

pollicilíndrico, *a.*, (*auto.*) polycindric, multiple-cylindrical.

polifáseo, *a.*, (*elec.*) polyphase.

polifásico, *a.*, (*elec.*) polyphase.

polígono, *m.*, (*math.*) polygon;

—*de las fuerzas*, (*eng.*) force polygon;

—*funicular*, (*eng.*) funicular polygon.

polipastro, *m.*, hoisting tackle.

pole, *m.*, (*elec.*) pole;

—*inductor*, inducing pole.

pólvora, *f.*, powder; (*expl.*) powder.

- polvorín, m., (*art.*) magazine, more esp., a battery magazine; (*expl.*) fine powder, powder dust.
 pontón, m., (*mil.*) pontoon; (*nav.*) lighter;
 —*plataforma*, decked lighter.
 popa, f., (*nav.*) poop;
 a—*de*, (*nav.*) aft of;
 de—, (*nav.*) after, aft (in combination).
 porcelana, f., porcelain.
 porfídización, f., (*chem.*) pulverization under water.
 pórfido, m., (*geol.*) porphyry.
 poroso, a., porous.
 porta, f., (*phys.*) slide (for a microscope).
 porta-escobillas, m., (*elec.*) brush-holder.
 portalón, m., (*nav.*) gangway.
 poste, m., post, pole;
 —*kilométrico*, (*r.r.*) kilometer post.
 postecillo, m., low, short post.
 potasa, f., (*chem.*) potash.
 potásico, a., (*chem.*) potassic.
 potasio, m., (*chem.*) potassium.
 potencia, f., power; (*phys.*) intensity (of a force); (*min.*) thickness of a stratum.
 potencial, m., (*elec.*) potential.
 pozo, m., well; shaft; (*min.*) shaft;
 —*maestro*, (*min.*) main shaft;
 —*de ventilación*, (*min.*) ventilating shaft.
 práctico, m., (*nav.*) pilot, harbor pilot.
 prado, m., (*top.*) lawn, meadow.
 precipitado, m., (*chem.*) precipitate.
 prensa, f., press.
 prensar, v.t., to press, compress.
 presa, f., weir, dam, embankment.
 presilla, f., loop.
 presión, f., pressure.
 presupuesto, m., budget, estimate, estimates.
 primario, a., (*elec.*) primary.
 prisma, m., (*phys.*) prism;
 —*comparador*, comparison prism (of a spectroscope);
 —*óptico*, optical prism.
 proa, f., (*nav.*) prow, bows;
 de—, (in combination) forward.
 probeta, f., (*chem.*, *etc.*) test tube.
 procesar, v.t., to try (by a court of law); (*mil.*) to court-martial.
 promedio, m., (*phys.*, *etc.*) mean (of a number of observations).
 promontorio, m., (*top.*) promontory.
 propagación, f., propagation (of a wave, of a sound, etc.).
 propagar, v.t., to propagate.
 propanol, m., (*chem.*) propanol.
 propulsar, v.t., to drive.
 propulsor, a., (*mach.*) propelling, driving.
 propulsor, m., propeller.
 protuberancia, f., protuberance; (of the sun) prominence.
 proyectil, m., (*art.*, *sm.a.*) projectile.
 proyector, m., projector, searchlight.
 prueba, f., proof, test;
 —*de acidez*, (*expl.*) acid test;
 —*de disolvente*, (*expl.*) solubility test;
 —*de estabilidad*, (*expl.*) stability test, heat test;
 —*de humedad*, (*expl.*) humidity test;
 —*de recepción*, (of powders, steel, etc.) reception test;

prueba—continued

—*de resistencia*, (*expl.*) resistance test.

púa, *f.*, tooth, point (as of a drill, etc.).

puente, *m.*, bridge, (by extension) raft, small boat; (*nav.*) deck;

—*de arco*, (*eng.*) arched bridge;

—*de carretera*, (*eng.*) highway bridge;

—*colgante*, (*eng.*) suspension bridge;

—*giratorio*, (*r.r.*) bridge turntable;

—*de ménsulas*, (*eng.*) cantilever bridge;

—*de pescante*, (*eng.*) cantilever bridge;

—*de proa*, (*nav.*) forward deck.

puente-canal, *m.*, canal bridge, (e.g., for passing a canal across a valley).

puerto, *m.*, port, harbor; (*top.*) col.

pulimentar, *v.t.*, to burnish, polish.

pulpa, *f.*, pulp.

pulsar, *v.t.*, to pluck (e.g., a stretched string).

punta, *f.*, point, nib, bit.

puntal, *m.*, (*eng.*) prop, support, shore, stay.

puntería, *f.*, sight, observation (as, of an angle).

punto, *m.*, point;

—*á*—*fljo*, (of experiments, etc.) under fixed conditions, under conditions of rest (e.g., a bench-test of a propeller);

—*de mira*, aiming point (in various relations).

—*muerto*, (*mach.*) dead center, dead point;

punto—continued

—*de partida*, point of departure;

—*de reposo*, (*phys.*) point of rest.

punzón, *m.*, (*mach.*) punch, rivet punch; (*auto.*) needle valve.

purga, *f.*, cleaning out.

Q

quebradizo, *a.*, brittle.

quebrado, *a.*, (*top.*) broken.

quemar, *v.t.r.*, to burn; (*elec.*) to burn out (of a bulb).

quilla, *f.*, (*nav.*, *aero.*) keel;

—*desprendible*, detachable keel.

química, *f.*, chemistry.

químico, *a.*, chemical.

R

rada, *f.*, roadstead, roads.

radiación, *f.*, (*phys.*) radiation; ray (of light, heat, etc.)

radiador, *m.*, radiator (*auto.*) cooler; (*elec.*) radiator (wireless system);

—*de panal*, (*auto.*) beehive, honeycomb, radiator.

radio, *m.*, (*math.*) radius; (*auto.*, etc.) spoke (of a wheel);

—*de curvatura* (*math.*) radius of curvature.

radioconductor, *m.*, (*elec.*) coherer (wireless telegraphy).

radiología, *f.*, (*phys.*) science or subject of radiations, of radiant energy.

radoubage, *m.*, (*expl.*) working over, remanufacturing of damaged powder.

ráfaga, *f.*, squall; gust; gleam, flash (of light).

raíz, *f.*, root; (*math.*) root.

- rajar**, v.t., to split, crack, cleave.
rallo, m., grater.
rama, f., branch, bough;
 (*mach.*) blade (of a propeller).
ramal, m., (*top.*) subsidiary or secondary spur (of a main spur).
rambla, f., (*top.*) rocky ravine.
ramninoso, (*chem.*) rhamnino-se.
rampa, f., ramp;
 —*de carga*, (*r.r.*) loading ramp.
rana, f., frog.
ranura, f., slot.
rasante, f., grade, gradient, incline; (*r.r.*) grade;
rasante, a., (*mil.*) sweeping, grazing (i.e., parallel with surface of the ground, said of fire).
rasca-tubos, m., (*steam.*) tube scraper, tube cleaner.
rasgadura, f., tearing, ripping, rending.
rasqueta, f., (*steam.*) cleaner, scraper (as, for a fire tube).
raya, f., (*phys.*) line (of the spectrum);
 —*doble*—(*phys.*) double line;
 —*luminosa* (*phys.*) bright ray;
 —*obscura*, (*phys.*) dark ray;
 —*s telúricas*, (*phys.*) telluric lines, atmospheric lines of the spectrum.
rayo, m., (*phys.*) ray;
 —*químico*, chemical ray.
razón, f., reason, (*math.*) ratio.
reacción, f., (*chem.*) reaction.
reaccionante, a., (*chem.*) reacting.
reaccionar, v.n., (*chem.*) to react.
reactivo, m., (*chem.*) reagent;
 —*revelador*, tell tale reagent.
realce, m., (*min.*) overhand stope.
reamasar, v.t., (*expl.*) to work over (damaged powder).
reata, f., hitching rope (animals in single file);
 —, in single file.
rebaba, f., fash, burr, rough edge.
rebaja, f., reduction, rebate.
rebajo, m., rabbet, groove; (*r.r.*) flange-way (two rails crossing); (*min.*) underhand stope.
rebanada, f., slice.
rebasar, v.t., to exceed, pass, go beyond.
reborde, m., rim, flange.
recalentador, m., (*steam.*) superheater.
recalentamiento, m., overheating; (*steam*) superheating.
recalentar, v.r., to become overheated.
recambio, m., re-exchange;
 —*de*—, spare (of parts).
receptáculo, m., receptacle, container, tank, reservoir;
 —*de agua*, water tank.
receptor, m., (*elec.*) receiver; (*steam*) collector.
receptora, f., (*elec.*) driven motor.
receptriz, f., (*elec.*) driven motor.
recocer, v.t., (*met.*) to anneal.
recoger, v.t., to collect (as, *elec.*, a current).
recomponer, v.t., to mend, repair.
reconocimiento, m., examination; (*mil.*) reconnaissance.
recorrer, v.t., to pass over, travel over (as an index over a graduated arc); (*elec.*) to pass, go through.
recorrido, m., (of railway, tram, systems) track, trackage;
 (*mach.*) travel of a piston.

- recortar**, v.t., to trim, cut away.
recta, f., (*geom.*) right line, straight line.
rectángulo, a., (*geom.*) right angled.
rectificar, v.t., (*mach.*) to grind true.
recto, a., straight.
recuadro, m., (*eng.*) square frame, square element or combination of a truss.
recubrimiento, m., (*mach., etc.*) lap, lap-welding.
rechazar, v.t., to drive out, force out; (*mil.*) to repel, drive off.
red, f., network, system (as, of lines, of railways, etc.); (*top.*) network of triangles;
 —*del alumbrado*, (*elec.*) light system, light wiring;
 —*de distribución*, (*elec.*) distributing circuit, system, or area.
redoblón, m., (*eng. etc.*) rivet.
redoblonar, v.t., *eng., etc.*) to rivet.
redondeado, m., rounding.
reductor, m., (*elec.*) shunt; switch.
reembarco, m., reembarkation.
refinosa, f., (*chem.*) raffinose.
reflejo, m., reflex.
reflexión, f., (*phys.*) reflection.
reforzar, v.t., to reinforce, strengthen.
refracción, f., (*phys.*) refraction.
refrigerante, m., (*phys.*) cooling, refrigerating, substance.
refringente, a., (*phys.*) refracting.
refuerzo, m., (*mil., eng., etc.*) reinforcement.
regar, v.t., to water, irrigate.
régimen, m., rule, conduct, system;
 de—, normal.
regimiento, m., (*mil.*) regiment.
registrador, m., register, registering instrument; (*elec.*) (telegraph) recorder.
registrar, v.t., to inspect, search, examine, record.
registro, m., register (as, of furnaces, etc.);
 —*para la limpieza*, cleaning hole.
regla, f., rule, scale, measure.
reglaje, m., regulation, adjustment.
reglaje, m., v. *reglase*.
reglamentario, a., official, regulation.
regulación, f., (*elec.*) regulation (*auto.*) operating mechanism.
regulador, m., regulator; (*mach.*) governor;
 —*de campo*, (*elec.*) field regulator;
 —*de corriente*, (*elec.*) rheostat, current regulator;
 —*de fuerza centrífuga*, (*mach.*) pendulum governor;
 —*de inmersión*, (*nav.*) immersion regulator.
regulatriz, f., (*elec.*) regulating transformer.
rehenchimiento, m., (*min.*) swelling, broadening (of a vein).
rehóstat, m., (*elec.*) rheostat;
 —*de excitación*, motor rheostat.
rejilla, f., (*in pl.*) grating.
relámpago, lightning, flash of lightning.
relevador, m., (*elec.*) relay.
relieve, m., (*geol., top.*) relief (i.e., mountains, etc.).

- reloj, m., clock;
 —*tipo*, master clock.
- relojería, f., clock- and watch-making, clock-maker's shop.
- relleno, m., (*min.*) stowing.
- remachar, v.t., (*mach.*) to upset, jump, swage, rivet.
- remache, m., (*mach.*) jumping, upsetting; rivet.
- rematar, v.t., to end, terminate.
- remo, m., oar.
- remolacha, f., beet.
- remolcar, v.t., to tow; (*r.r.*) to pull (a train).
- remolino, m., eddy, vortex.
- remolque, m., towing;
 —*ó*—, in tow.
- rendimiento, m., duty, efficiency (of a machine, boiler, gun, etc.).
- reóstato, m., (*elec.*) rheostat.
- reparto, m., distribution.
- reposición, f., re-setting (as *steam*, of a boiler-tube).
- reposo, m., (*phys. etc.*) rest.
- represa, f., (*hydr.*) reservoir, dam, basin, water works.
- repuesto, m., store, supply; extra store; (*mil.*) expense magazine.
- requemar, v.t., to burn over.
- resalto, m., rebound; shock, jar.
- resanar, v.t., (*expl.*) to make over (damaged powder).
- resbalamiento, m., slipping; (*min.*) fault.
- resbalar, v.n., to slip; to slip by, glide, pass.
- resbaladizo, a., slippery.
- resentir, v.r., to be impaired, weakened.
- resguardado, p.p.—a., (of a harbor) sheltered.
- resina, f., rosin.
- resistencia, f., (*elec., phys.*) resistance.
- resonador, m., (*elec.*) resonator.
- resorte, m., (*mach., etc.*) spring.
- respaldo, m., v. *hastial*.
- restar, v.t., to subtract.
- restos, m.pl., remains.
- resultante, f., (*phys.*) resultant (of a system of forces).
- retardar, v.t., (*phys.*) to retard.
- retardatriz, a., retarding, delaying.
- retícula, f., reticule, cross-hair.
- retirada, f., (*mil.*) withdrawal, retreat.
- retorcer, v.t., to twist.
- retorta, f., (*chem.*) retort;
 —*carbón de*—, gas coke.
- retroceso, m., (*mach.*) slip (of a screw, of a propeller);
 —*absoluto*, true slip, linear slip, of a propeller;
 —*relativo*, relative slip (i.e., ratio of advance to pitch).
- reventar, v.n., to burst, break.
- reversibilidad, f., reversibility.
- reversible, a., inverting, reversible.
- revés, m., back, reverse;
 —*atacar de*—, (*mil.*) to attack in rear, in reverse.
- riachuelo, m., (*top.*) rivulet, creek.
- riego, m., irrigation.
- rigidez, f., (*phys.*) rigidity.
- rigido, a., rigid.
- rifión, m., kidney; (*eng.*) spandrel; (*min.*) nodule, kidney ore.
- río, m., (*top.*) river.
- riestra, f., (*eng.*) brace.
- roblado, m., (*eng.*) riveting.
- roble, m., oak (tree and wood).
- roblón, m., (*eng.*) rivet.
- roca, f., rock;
 —*de caja*, (*min.*) "country," country rock.
- roce, m., friction.
- roda, f., (*nav.*) stem.
- rodadura, f., rolling.

- rodaje, m., (*mach.*) wheel-work.
 rodilla, f., kneepan; (*mach.*, etc.) ball-and-socket joint.
 rodillo, m., roller.
 rojo, a. and m., red;
 —*oscuro*, (*met.*) dark red (in scale of temper colors).
 roldana, f., sheave, wheel of a pulley, roller.
 rombo, m., (*geom.*) rhombus.
 romboédrico, a., rhombohedric.
 rompedor, a., (*expl.*) rupturing, brisant.
 rompeolas, m., (*eng.*) break-water.
 romper, v.t., to break, smash;
 —*el fuego*, (*mil.*) to open fire.
 ron, m., rum.
 rosario, m., (*min.*) rosary.
 rosca, f., screwthread, thread of a bolt.
 roscar, v.t., to furrow.
 rotativo, a., rotary.
 rotulación, f., (*top.*) lettering of map; legend.
 rotura, f., rupture; (*geol.*) break, fault.
 rozamiento, m., (*phys.*) friction; heating of bearings;
 superficies de—, (*mach.*) rubbing surface.
 rozar, v.n., (*mach.*) to rub against.
 rubidio, m., (*chem.*) rubidium.
 rueda, f., wheel;
 —*dentada*, (*mach.*) toothed, cogged, wheel, gear wheel;
 —*de encuentro*, escape wheel;
 —*de escape*, v.—*de encuentro*;
 —*motora*, (*auto.*, *r.r.*, etc.) driving wheel.
 ruedecilla, f., small wheel.
 ruido, m., noise; (of machines, dynamos, etc.), chatter.
 rumbo, m., (*nav.*) bearing, course, direction.
 ruptor, m., (*elec.*) make-and-break mechanism.
 ruptura, f., rupture; (*elec.*) breaking of a current.
 ruta, f., course, travel, march; (*nav.*) course.
- S
- sabor, m., taste.
 sacar, v.t., to draw, extract; to make, produce.
 sacarato, m., (*chem.*) saccharate, sucrate.
 sacarosa, f., (*chem.*) generic term for sugar; (more narrowly) cane sugar, saccharose.
 saco, m., sack, bag.
 sacudida, f., shock.
 sal, f., salt; (*chem.*) salt;
 —*ferrica*, (*chem.*) ferric salt;
 —*ferrosa*, (*chem.*) ferrous salt;
 —*gema*, (*chem.*) salt (sodium chloride).
 salbanda, f., (*min.*) selvage.
 salida, f., start, exit; (of fluids) flow, outflow; (*mil.*, *nav.*) sortie.
 salina, f., salt pit, saltworks.
 salino, a., (*chem.*) saline, salt.
 salitre, m., (*chem.*) saltpetre, nitre.
 salto, m., jump, start; (*min.*) fault, break, slip (in strata);
 —*de agua*, (*top.*) waterfall cataract.
 salvamento, m., rescue.
 salvar, v.t., to save; to cross over, pass through.
 salvotaje, m., rescue.
 sebo, m., tallow.
 secar, v.t., to dry.
 sección, f., section;

sección—continued

- horizontal*, (*top.*) (horizontal section; hence) contour;
 —*mínima efectiva*, (*eng.*) section of least resistance.
 secretario, m., secretary; (*mil.*) clerk.
 secundario, a., (*elec.*) secondary.
 seda, f., silk.
 sedimentación, f., settling; (*geol.*) formation of sediments.
 sedimentar, v.r., to settle.
 sedimento, m., sediment, deposit; (*steam*) boiler scale.
 segundo, a., second; m., (*mil.*) second in command; (*nav.*) executive officer.
 semionda, f., (*phys.*) half-wave.
 semirígido, a., semi-rigid; (*aero.*) nonrigid, semirigid.
 sencillo, a., simple, single.
 senda, f., (*top.*) path trail.
 seno, m., bosom; depth (as of waters); trough, depression, (*math.*) sine (abbreviated to sen, in formulas and equations).
 sensibilidad, f., sensitiveness (of instruments, etc.).
 sensible, a., sensitive (of instruments, etc.).
 sentido, m., direction (as, of a current); (*math.* etc.) direction in a vector lense.
 señal, f., sign, mark; (*top.*) signal, station.
 separación, f., separation;
 —*de los ejes extremos*, (*r.r.*) wheel base.
 sequedad, f., dryness (as, of steam).
 sér, m., being;
 —*es organizados*, organic (i.e., living) beings.
 serpentín, m., coil (of pipe).
 serrar, v.t., to saw.

- sideral, a., sidereal, stellar.
 siderosa, f., (*chem.*) siderite.
 siembra, f., cultivated field, plantation.
 siena, f., sienna (color);
 —*tostada*, burnt sienna.
 sierpe, f., serpent, snake.
 sierra, f., (*top.*) mountain range, range.
 sifón, m., (*phys.*) siphon.
 silbato, m., whistle;
 —*de alarma*, steam whistle.
 silencioso, a., silent, still; m., (*auto.*) muffler, silencer.
 silicato, m., (*chem.*) silicate.
 sílice, f., (*chem.*, etc.) quartz, silica.
 silíceo, a., (*geol.*) siliceous.
 silicio, m., (*chem.*) silicon.
 silla, f., chair, seat; saddle (*hence, geol.*) rounded elevation, as distinguished from a depression.
 sillera, f., (*eng.*) ashlar, ashlar work.
 sincrónico, a., synchronous.
 sincronismo, m., synchronism.
 siniestro, m., catastrophe.
 sirga, f., tow rope, tow line;
 —*camino de—*, tow path.
 sitiado, a. and m., (*mil.*) besieged.
 sobrecalentado, a., (*steam*) superheated.
 sobrecarga, f., (*elec.*) overload.
 sobrecargar, v.t., (*elec.*, etc.) to overload.
 sobrepresión, f., excess of pressure.
 sobresalir, v.n., to protrude, project beyond.
 socava, f., v. *socavación*.
 socavación, f., undermining, excavation.
 socavar, v.t., to excavate.
 sódico, a., (*chem.*) sodic, sodium (as an adjective).

- sodio, m., (chem.) sodium.**
sol, m., sun.
solape, m., (eng., etc.) lap, lap welding.
solar, a., solar, of the sun.
soldadura, f., welding, soldering.
soldar, v.t., to solder, to weld.
 —*a recubrimiento*, to lap weld;
 —*a solape*, v. — *a recubrimiento*.
solenoides, m., (elec.) solenoid.
sólido, m., (phys.) solid.
solidificación, f., solidification.
soltar, v.t., to release, let go.
soluto, m., (chem.) solution (i.e., the liquid).
sollado, m., (nav.) hold;
 —*de proa*, forward hold.
sombrero, m., cap, head.
sonda, f., (min.) borer, drill;
 —*de cinta*, (min.) twist-drill.
sondeo, m., (min.) boring.
sonido, m., (phys.) sound;
 —*agudo*, sharp or high sound;
 —*alto*, v. — *agudo*;
 —*armónico*, harmonic, harmonic note;
 —*abajo* v. — *grave*.
 —*grave*, deep or grave sound.
sonoridad, f., sonorousness.
sonoro, a., sonorous.
soplado, m., (geol.) fissure.
soporte, m., support, upright;
 —*bracket* (as, *elec.* of an insulator).
sorgo, m., sorghum.
sosa, f., (chem.) soda.
soslayo,
 —*de* —, (adv.) to one side.
sostén, m., support; (mil.) support.
sportivo, a., having to do with sport, sporting.
suave, a., gentle (of a slope).
suavizar, v.t., (geol.) to cut down, reduce (as, crests, irregularities).
subasta, f., auction.
subida, a., ascent, climb.
subíndice, m., (math.) subscript.
sublimación, f., (chem.) sublimation.
submarino, m., (nav.) submarine boat, submarine.
sudeste, m., southeast.
sudoeeste, m., southwest.
suela, f., sole leather.
suelo, m., ground, soil; pavement; floor, flooring; bottom.
sujetar, v.t., to fix, fasten, clamp, to hold down, to hold in place; v.r., to be fixed, fastened to.
sujeto, a., fixed, fastened.
sulfurado, a., (chem.) sulphurated, sulphated.
sulfuro, m., (chem.) sulphide.
sumergible, m., (nav.) submersible boat.
sumergir, v.t., to submerge.
sumersión, f., submergence.
superficie, f., surface; plane, plane surface;
 —*de caldeo*, (steam) heating surface;
 —*de calefacción*, v. — *de caldeo*;
 —*de fricción*, (mach.) bearing surface;
 —*portante*, (aero.) supporting surface;
 —*de rodadura*, tread (as, of a rail, etc.);
 —*de rozamiento*, (mach.) rubbing surface;
 —*de sustentación*, (aero.) supporting plane;
 —*sustentadora*, (aero.) supporting plane.
sur, a., south.
surcar, v.t., to furrow.
suroeste, a., southwest.
surtidor, m., nozzle, nipple, jet.

survolor, m., (*elec.*) booster.
 sustentador, a., supporting.
 sutil, a., subtle.

T

tabique, m., thin wall, partition, partition wall.
 tabla, f., board, plank.
 tablero, m., (*eng.*) roadway (of a bridge).
 tablilla, f., tablet, bulletin board.
 tablón, m., thick board; beam.
 táctica, f., (*mil.*) tactics.
 taladrar, v.t., (*min.*) to drill, bore.
 taladro, m., drill, bit, auger.
 talón, m., heel;
 —(*r.r.*) joint (of a switch rail).
 talud, m., batter, slope.
 taller, m., laboratory, shop, machine shop;
 —*de precisión*, (*mil.*) laboratory for making delicate tests, accurate adjustments of refined apparatus, etc.
 tallo, m., stem.
 tambor, m., drum (in various relations); (*elec.*) drum;
 —*de freno*, (*auto.*) brake drum.
 tamiz, m., screen.
 tamización, f., screening.
 tango, m., rocking, oscillation, balancing.
 tangencial, a., (*math.*) tangential.
 tangencialmente, adv. (*math.*) tangentially.
 tangente, a & m., (*math.*) tangent.
 tanteo, m., computation, calculation, reckoning.
 tapa, f., lid, cover.
 tapar, v.t., to hide, cover, cover up.

tapón, m., plug, pad;
 —*de cierre*, (*steam*) closing plug (of a boiler tube);
 —*de purga*, (*mach.*) drain-cock.
 taquillo, m., small cleat.
 techo, m., roof, ceiling, cover;
 (*min.*) upper face of a stratum.
 tejido, m., tissue;
 —*velludo*, hairy tissue.
 tela, f., cloth;
 —*esmeril*, emery cloth;
 —*metálica*, wire gauze.
 telegrafía, f., telegraphy;
 —*sin alambres*, wireless telegraphy;
 —*sin hilos*, wireless telegraphy.
 —*pneumática*, pneumatic mail transmission.
 telegrafista, m., telegraph operator.
 telúrico, a., (*chem.*) telluric;
 rayas—*as*, v.s.v. *raya*.
 temblador, m., (*mach.*) contact rocker; (*elec.*) hammer break.
 temperatura, f., temperature.
 templado, a., (*met.*) tempered.
 templar, v.t., (*met.*) to temper.
 temple, m., (*met.*) tempering, temper, hardening.
 ténder, m., (*r.r.*) tender (of a locomotive).
 teniente, m., (*mil.*) lieutenant;
 —*coronel*, lieutenant colonel;
 —*de navio*, (*nav.*) naval lieutenant.
 tensar, v.t., to stretch.
 tensión, f., (*phys.*, etc.) tension; (*elec.*) pressure, voltage; series.
 tenso, a., tense, stretched.
 tensor, m., cable stretcher.
 tenue, a., minute (very small).
 teodolito, m., theodolite.

- termal, a., thermal, hot.
 termicidad, f., (*phys.*) thermic capacity.
 térmico, a., (*phys.*) thermic.
 terminal, m., (*elec.*) binding post.
 término, m., term, end, finish; (*r.r.*) terminus;
 —*medio*, average.
 termo-eléctrico, a., (*elec.*) thermo-electric.
 termómetro, m., thermometer;
 —*avisador*, tell tale thermometer, registering thermometer.
 termoquímica, f., (*chem.*) thermochemistry.
 termoquímico, a., (*chem.*) thermochemical.
 termosifón, m., (*phys.*) thermosiphon.
 terrapién, m., (*r.r.*) embankment, fill.
 terrateniente, m., land owner.
 terreno, m., terrain, ground, soil; (*mil.*) terrain, nature of the ground;
 —*geológico*, a synonym of *banco*, g.v.
 territorio, m., territory.
 testero, f., (*min.* in pl.) overhand stope.
 tienda-abrigo, f., (*mil.*) shelter tent.
 tierra, f., earth, the earth;
 a-en—, ashore;
 —*de labor*, (*top.*) cultivated ground;
 —*labrada*, (*top.*) cultivated ground;
 —*de sombra*, umber, spanish brown;
 tomar—*en*, to land at, set foot ashore at.
 tifón, (*geol.*) non-metallic vein or seam.
 timbre, m., bell, call-bell; (*phys.*) timbre (of sound);
 timbre—continued
 —*de llamada*, call-bell.
 timón, m., (*nav.*, *aero.*) rudder;
 —*de dirección*, (*aero.*) direction rudder;
 —*de profundidad*, (*aero.*) elevation rudder.
 timonel, m., (*nav.*) helmsman, quartermaster.
 tinta, f., ink;
 —*de imprenta*, printer's ink.
 tira, f., strap, strip (as, of test paper).
 tirada, f., issue, impression (printing).
 tiraje, m., pull.
 tirante, m., (*steam*) stay (of a boiler), (*eng.*) tie, tie-rod, (tensile member).
 tirantez, f., stretching.
 tirar, v.t., to throw, cast; to shoot;
 —*al agua*, to throw into the water.
 tiro, m., draught (of a furnace, chimney, funnel, etc.); (*r.r.*) coupling-gear; (*min.*) shaft; (*mil.*) fire;
 —*rápido*, (*mil.*, *nav.*) rapid fire.
 tizar, v.t., to stain, smut.
 toldilla, f., (*nav.*) poop; round-house.
 tolueno, m., (*chem.*) toluene.
 toluol, m., (*chem.*) toluol.
 toma, f., taking, capture, grasp; intake;
 —*de tierra*, (*elec.*) ground, ground connection;
 —*de vapor*, (*steam*) steam supply.
 tonel, m., cask, barrel; (*expl.*) mixing, etc., barrel or drum;
 —*ternario*, (*expl.*) ternary barrel.
 tonelada, f., ton.

- tono, m., (*phys.*) tone, pitch.
 tope, m., (*mach.*) top, head, crown (of a valve); (*r.r.*) buffer, buffer block (at the end of a track); car-buffer.
 tormenta, f., storm.
 tornapanta, f., (*eng.*) brace, strut.
 tornasol, m., (*chem.*) litmus.
 torneado, p.p., (sometimes=) machined.
 tornear, v.t., to lathe, turn upon a lathe.
 tornillo, m., (*mach., etc.*) screw.
 —*de coincidencia*, adjusting screw;
 —*sin fin*, endless screw;
 —*de nivelación*, levelling screw.
 —*terminante*, (*elec.*) terminal, binding post.
 torno, m., winch, windlass, whim; (*mach.*) lathe.
 torpedero, m., (*mar.*) torpedo boat;
 —*sumersible*, (*nav.*) submersible torpedo boat.
 torpedo, m., (*mil.*) torpedo, mine;
 —*automóvil*, (*nav.*) automobile torpedo.
 torre, f., tower; (*nav.*) turret;
 —*de mando*, (*nav.*) conning tower;
 —*de popa*, (*nav.*) after turret;
 —*de proa*, (*nav.*) forward turret.
 torrentera, f., (*top.*) gully washed out by rain.
 torsión, f., (*phys.*) torsion.
 trabajador, m., workman.
 trabajar, v.t.n., to work, labor; (*eng.*) of materials, to be strained, to bear a stress.
 trabajo, m., work; (*eng.*) stress.
 trabazón, f., bond, junction.
 tracción, f., traction.
- tramo, m., (*eng.*) bay (of a bridge).
 transformador, m., (*elec.*) transformer;
 —*diferido*, generic term for condensers and accumulators;
 —*dinámico*, synchronous converter, rotary converter;
 —*directo*, direct transformer (no change in the nature of the energy);
 —*estático*, static, stationary, transformer; step-up (-down) transformer;
 —*de fase*, phase-changing transformer, rotary phase converter;
 —*homomórfico*, any transformer that does not change the nature of the current;
 —*indirecto*, indirect transformer, (the nature of the energy is changed before reappearing as electric energy); rotary converter; motor generator; synchronous converter;
 —*de inducción*, static transformer;
 —*inmediato*, generic term for any transformer from which the current is drawn as fast as produced;
 —*polimórfico*, any transformer changing direct into alternating current, and vice versa, or that changes the phase of an alternating current;
 —*rotativo*, (*elec.*) rotary transformer.
- transmisión, f., transmission; (*auto.*) transmission mechanism.
 transporte, m., transport, transportation; (*elec., mach.*) transmission (as of power); *de*—, as a passenger;

transporte—continued

—*de la fuerza*, (*mach.*) power transmission.

tranvía, m., tram, street railway.

trapo, m., cloth, bit of cloth, rag; (in pl.) waste, (cleaning material);

—*untado*, greased cloth.

transatlántico, m., (*nav.*) transatlantic steamer, liner.

trasero, a., hind, hinder.

traslado, m., copy (of a report, etc.).

transmisión f., transmission;

—*por cadenas*, (*mach.*, etc.) chain transmission.

transportable, a., portable.

travesaño, m., (*eng.*, etc.) cross piece, traverse.

traviesa, f., (*r.r.*) sleeper, cross-tie;

—*de punta*, (*r.r.*) joint-sleeper, chair-sleeper.

travieso, a., cross, transverse.

trayecto, m., (*math.*, *phys.*, etc.) path, travel.

trayectoria, f., trajectory, path.

traza, f., trace (as of a plane on a surface).

trazar, v.t., to trace.

trazo, m., outline, trace, border; stroke of a pen; (in topographical drawing) hachure.

trehalosa, f., (*chem.*) trehalose.

tren, m., (*r.r.*) train; (*mach.*) train (as of wheels);

—*de doble tracción* (*r.r.*) train drawn by two locomotives;

—*mixto*, (*r.r.*) accommodation train.

tren-tipo, m., file of vehicles (used to test a highway bridge); (*r.r.*) type train (used for testing bridges).

trépane, m., (*min.*) drill, borer, bit; chisel-edge of a drill.

trepidación, f., (*mach.*) vibration.

trepidar, v.n. (*mach.*) to vibrate.

trifaseo, a., (*elec.*) three-phase, triphase.

trifásico, a., (*elec.*) three-phase, triphase.

trifilar, a., (*elec.*) three-wire; *distribución*—, three-wire system.

triangular, v.t., (*eng.*) to insert a diagonal brace.

trilita, f., (*expl.*) trillite.

trinchera, f., trench, ditch; (*mil.*) trench, shelter-trench.

trineo, m., sled.

trinquete, m., (*mach.*, etc.) pawl, click, detent.

tripiano, m., (*aero.*) triplane.

trípode, m. or f., tripod.

tripulación, f., (*nav.*) crew.

trocar, v.r., to be subdivided.

trole, m., (*elec.*) trolley.

tromba, f., water spout;

—*de absorción*, (*chem.*) absorption tube.

tronchadura, f., (*eng.*) shearing.

trozo, m., bit, piece, fragment; (*r.r.*) section of track;

—*en pendiente*, (*r.r.*) down grade;

—*en rampa*, (*r.r.*) up grade.

truncado, a., (*math.*, etc.) truncated.

tubería, f., tubes, system of tubing; pipe line, system of pipes;

—*á*,—*de presión*, (*hydr.*) system of pipes in which the flow takes place under pressure.

tubo, m., tube, pipe, main; (*steam*) boiler tube; (*phys.*) organ-pipe;

—*acústico*, (*phys.*) organ pipe;

tubo—continued

- de agua*, (*steam*) water tube;
 - de aspiración* (*mach.*) suction pipe;
 - de ensayo*, (*chem.*) test tube;
 - de entrada*, (*steam, etc.*) admission pipe, tube; inlet pipe;
 - de fundición*, cast iron tube;
 - de humo*, (*steam*) firetube;
 - indicador*, (*mach.*) gauge, water level gauge;
 - lanzatorpedos*, (*nav.*) torpedo tube;
 - de Hmaduras*, (*elec.*) coherer (wireless system);
 - de presión*, (*hydr.*) any pipe, etc., in which the flow takes place under pressure;
 - recto*, (*steam*) straight tube;
 - de toma*, (*hydr., etc.*) intake pipe or tube;
 - en U*, U-tube.
 - de vapor*, steam pipe;
 - de vapor auxiliar*, auxiliary steam pipe.
- tuerca, f., nut, lock-nut, female screw.
- tumbar, v.t. & r., to tumble, upset, turn over.
- túnel, m., (*r.r., etc.*) tunnel.
- tungsteno, m., (*chem.*) tungsten.
- tupido, a., stopped, choked.
- turbar, v.t., to trouble, confuse.
- turbera, f., (*top.*) peat bog.
- turbina, f., (*mach.*) turbine;
- motriz*, driving turbine;
 - de vapor*, steam turbine.
- turbina-bomba, f., (*mach.*) turbine pump.
- turbina-dinamo, (*elec., mach.*) direct connected turbine and dynamo.
- turismo, m., tourism.

U

- ultrarrojo, a., (*phys.*) ultra red, of the spectrum.
- ultravioletado, a., (*phys.*) ultra violet, of the spectrum.
- unidad, f., (*phys., chem., etc.*) unit (of measure).
- unión, f., joint, union, (of parts of boiler, etc.);
- á tornillos*, screw-joint (as, *steam*, of tube with head-er).
- untar, v.t., to anoint, smear, oil, grease.
- urano, m., (*chem.*) uranium.
- urea, f., (*chem.*) urea.
- útil, a., useful; (in some relations) serviceable.
- útil, m., tool.

V

- vaclado, m. (*min.*) dump.
- vaciar, v.r., to empty; v.t., to hollow out.
- vacío, m., (*phys.*) vacuum.
- vacuno, a., bovine.
- vado, m., (*top.*) ford.
- vagón, m., (*r.r.*) car, carriage.
- vaguada, f., (*top.*) waterway.
- vaina, f., casing, case, housing, sheath; (*art.*) cartridge case.
- valvén, m., rocking, oscillation; (of liquids) washing back and forth.
- valencia, f., (*chem.*) valency.
- valor, m., amount; (of a surface) area.
- válvula, f., (*mach., steam, etc.*) valve;
- de admisión*, admission valve, inlet valve, intake valve;
 - de anegamiento*, (*nav.*) flood valve;

válvula—continued

- de chapa*, clack valve;
- de contrapeso*, counterpoise valve, weighted valve;
- de escape*, exhaust valve;
- mandada*, mechanically controlled valve;
- de protección*, check valve;
- de seguridad*, (steam) safety valve.

valvulina, f., valvoline.

valle, m., (top.) valley.

vapor, m., vapor, steam; (nav.) steamer, steamboat;
—*seco*, dry steam.

vara, f., rod, pole; unit of length, (varying in both place and time from 33.38" to 43"); thill, shaft.

varar, v.t., (nav.) to run aground, to beach.

varilla, f., rod, pendulum rod; (r.r.) switch rod;
—*de bambú*, bamboo rib.

vaseja, f., vessel, test tube.

vase, m., vase, cup, vessel.

vástago, m., (mach.) rod, stem, piston rod; (elec.) trolley pole.

vatio, m., (elec.) watt (proposed by the Spanish Academy; the usual word is *watt*).

vehículo, m., vehicle.

vejiga, f., bladder;

—*nataatoria*, swimming bladder.

vela, f., candle, wax candle; sail; (aero.) wing.

velamen, m., sail, sail area of an aeroplane.

velocidad, f., (phys., etc.) velocity.

vena, f., (min.) vein.

ventilador, m., (mach.) blower, blowing engine.

verde, a. & m., green.

verdoso, a., greenish.

vertedero, m., (hydr.) waste weir; basin, reservoir.

verter, v.t., to spill, pour, carry out.

vertical, f., (geom., phys., etc.) vertical line.

vertiente, m., (top.) slope, watershed.

vestibulo, m., passage.

via, f., road, way; track; (r.r.) track;

—*de agua*, water way, water water communication; system of flooding (as, nav. the magazine in case of fire); (in general) leak;

—*angosta*, (r.r.) narrow gauge railway;

—*doble*, (r.r.) double track;

—*de enlace*, (r.r.) connecting track (between two parallel lines);

—*estrecha*, (r.r.) narrow gauge;

—*férrea*, (r.r.) railway;

—*principal*, (r.r.) main line, through line;

—*secundaria*, (r.r.) side track, siding;

—*simple*, (r.r.) single track.

viaje, m., journey, trip travel; (steam, mach.) travel, course (of the piston, etc.).

vibración, f., (phys.) vibration;
—*sencilla*, single or simple vibration.

vibrar, v. l., to vibrate.

vibratorio, a., (phys.) vibratory.

vidriera, f., glazier's shop; glassware; (more narrowly) pane or sheet of glass.

vidrio, m., glass;

—*hilado*, spun glass;

—*molido*, ground glass.

viento, m., wind.

vientre, m., belly, abdomen;
(*phys.*) ventral segment.
viga, f., (*eng., etc.*) beam, girder,
truss, bridge truss;
—*de alma llena*, plate girder;
—*de celosía*, lattice girder;
—*compleja*, compound girder.
vigilante, m., watchman.
vigueta, f., (*eng., etc.*) small
beam; (*in pl.*) structural
iron, iron of special cross
section, (as, channel, U, etc.,
etc.);
—*transversal*, floor beam,
cross-girder.
vinya, f., (*top.*) vineyard.
violado, a., violet.
violeta, m., violet (color).
virada, f., (*nav.*) tack; (*aero.*)
change of direction.
viraje, m., (*aero.*) turn.
virola, f., (*mach.*) ring, hoop,
collar.
viscoso, a., (*phys.*) viscous.
visibilidad, f., visibility.
visual, f., visual line, ray.
viuenda, f., dwelling, apart-
ments.
viveres, m. pl., *food*, (*mil.*) ra-
tions.
voladura, f., (*min., etc.*) blast,
explosion.
volante, m., (*mach.*) fly wheel;
(*aero., etc.*) steering wheel;
—*de dirección*, (*auto.*) steer-
ing wheel.
volar, v.t.n., (*expl.*) to blow up.
volatilizar, v. t., (*chem.*) to vo-
latilize.
volcar, v.t., to upset, overturn,
capsize.
voltmetro, m., (*elec.*) voltmeter.
voltaje, m., (*elec.*) voltage;
(proposed by the Spanish
Academy).
voltar, v.t., to overturn, upset,
to tilt.

voltmetro, m., (*elec.*) voltmeter;
(proposed by the Spanish
Academy; the usual word is
volmetro).
voltio, m., (*elec.*) volt; (pro-
posed by Spanish Academy;
the usual word is *volt*).
volumen, m., volume.
vucencia, f., = *vuestra ex-
celencia*, your excellency.
vuelco, m., overturning, upset-
ting.
vuelo, m., (*aero., etc.*) flight;
—*por alas batientes*, winged
flight;
—*batido*, winged flight;
—*planeado*, gliding flight;
—*plano*, gliding flight, glide,
volplane;
—*á remo*, winged flight;
—*á vela*, soaring flight, soar-
ing.
vuelta, f., turn; (*elec.*) turn (of
wire); (*mach.*) revolution.

W

wagón, m., (*r.r.*) car, carriage.
wattio, m., (*elec.*) watt.

X

xenón, m., (*chem.*) xenon.

Y

yacente, m., (*min.*) lower face of
a stratum.
yacimiento, m., (*geol.*) deposit;
—*hullero*, coal deposit.
yate, m., (*nav.*) yacht;
—*armado*, converted yacht.
yesca, f., tinder.
yodo, m., (*chem.*) iodine.
yodurado, a., (*chem.*) iodized.
yoduro, m., (*chem.*) iodide.

Z

zafra, f., (*min.*) rubbish, spoil.

zanahoria, f., carrot.

zanja, f., (*min.*) trench.

zapata, f., shoe (in various technical relations); (*aero.*) the trussed floor or platform of the semi-rigid balloon; (*r.r.*) flange (of a rail).

zapatilla, f., slipper; (*chem.*) guard or wrapping of a stirring rod.

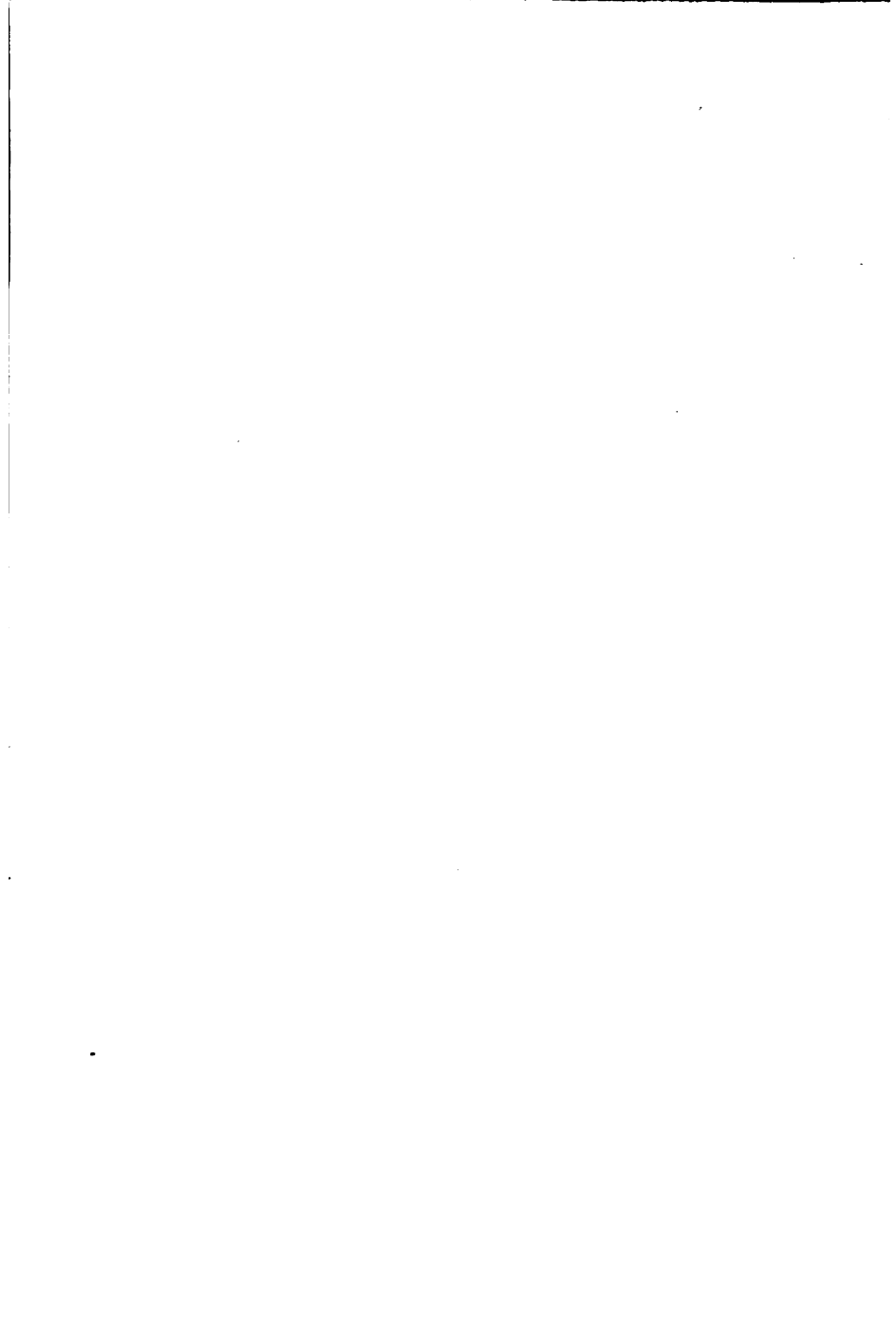
zinc, m., (*chem.*) zinc.

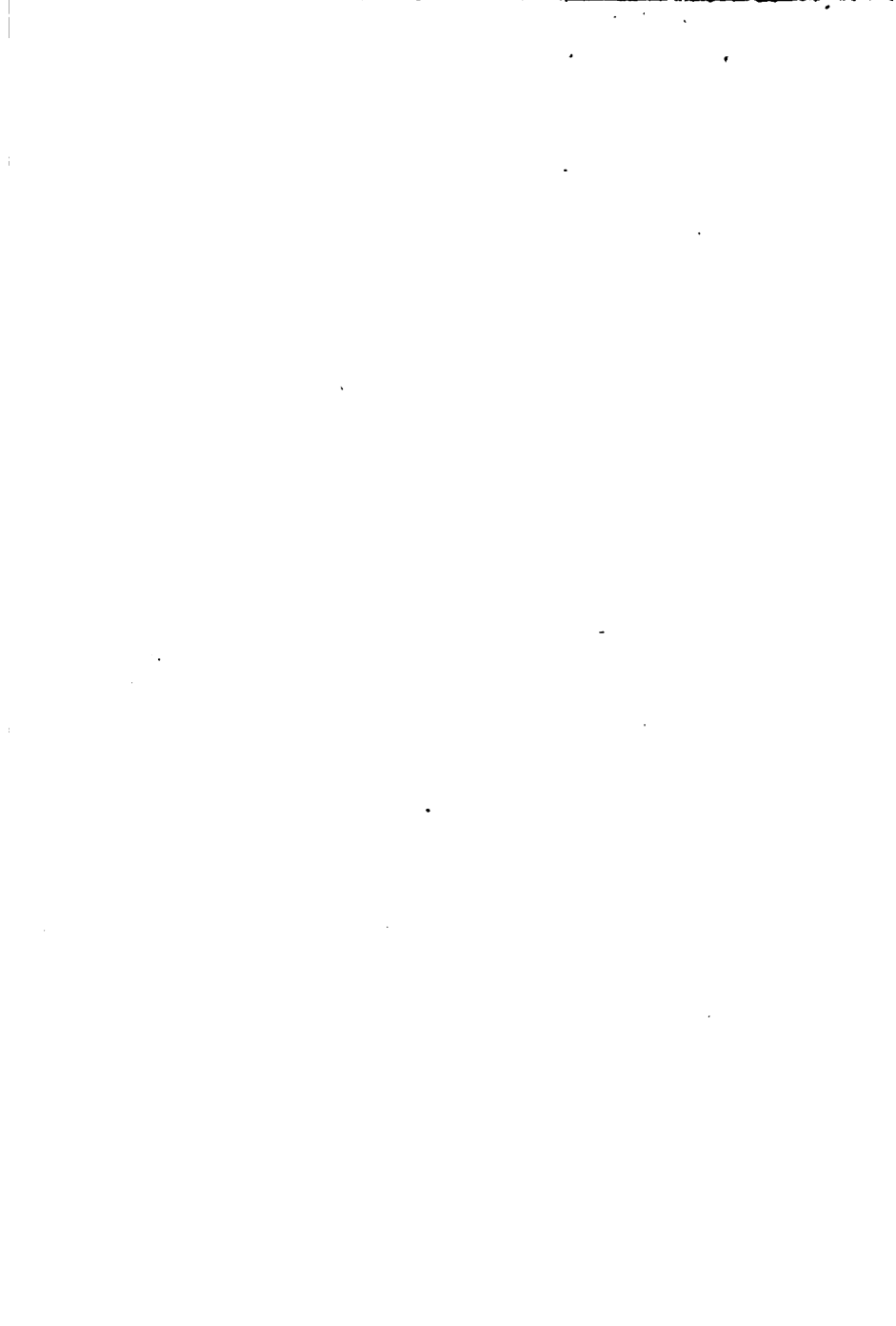
zócalo, m., base.

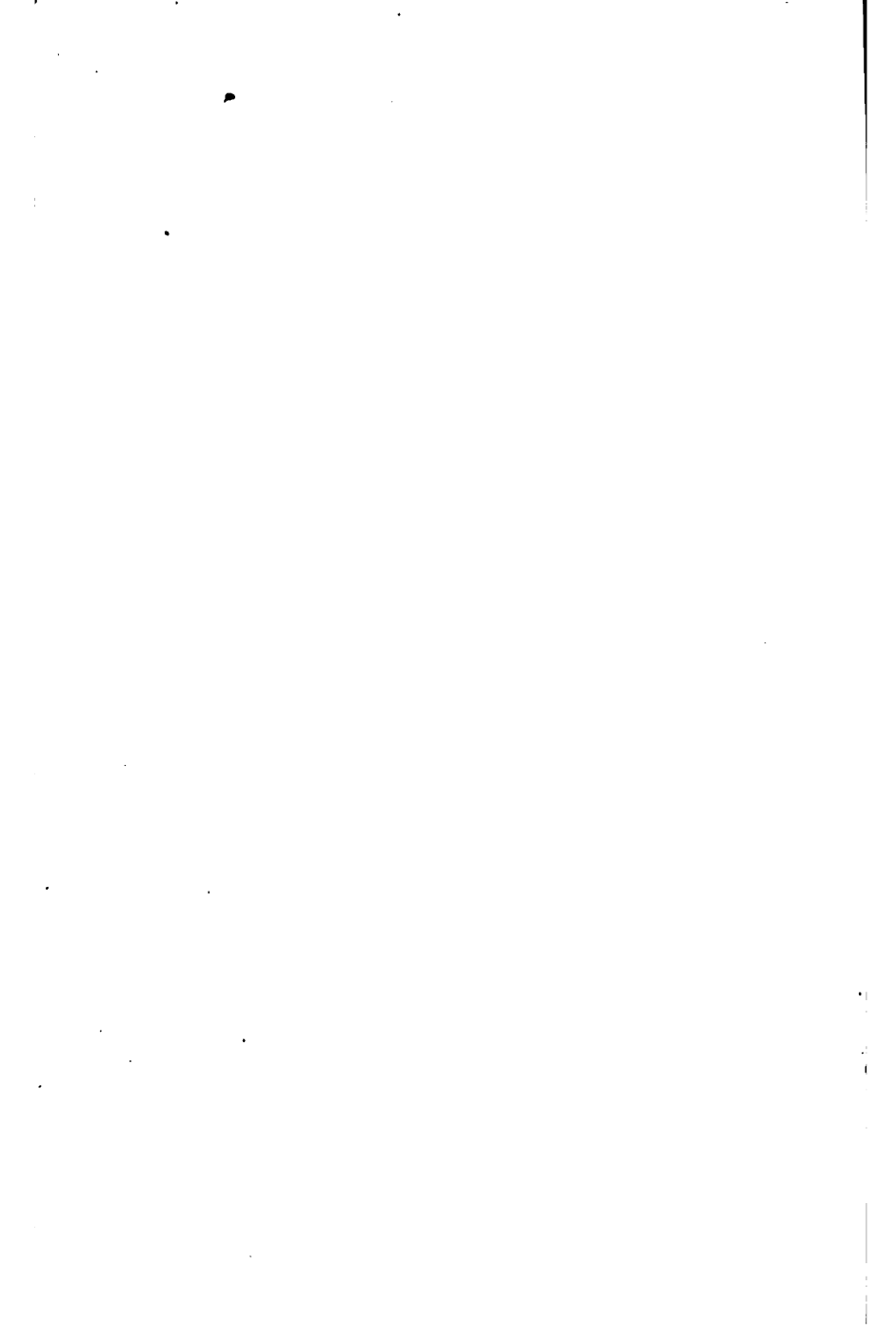
zona, f., zone.

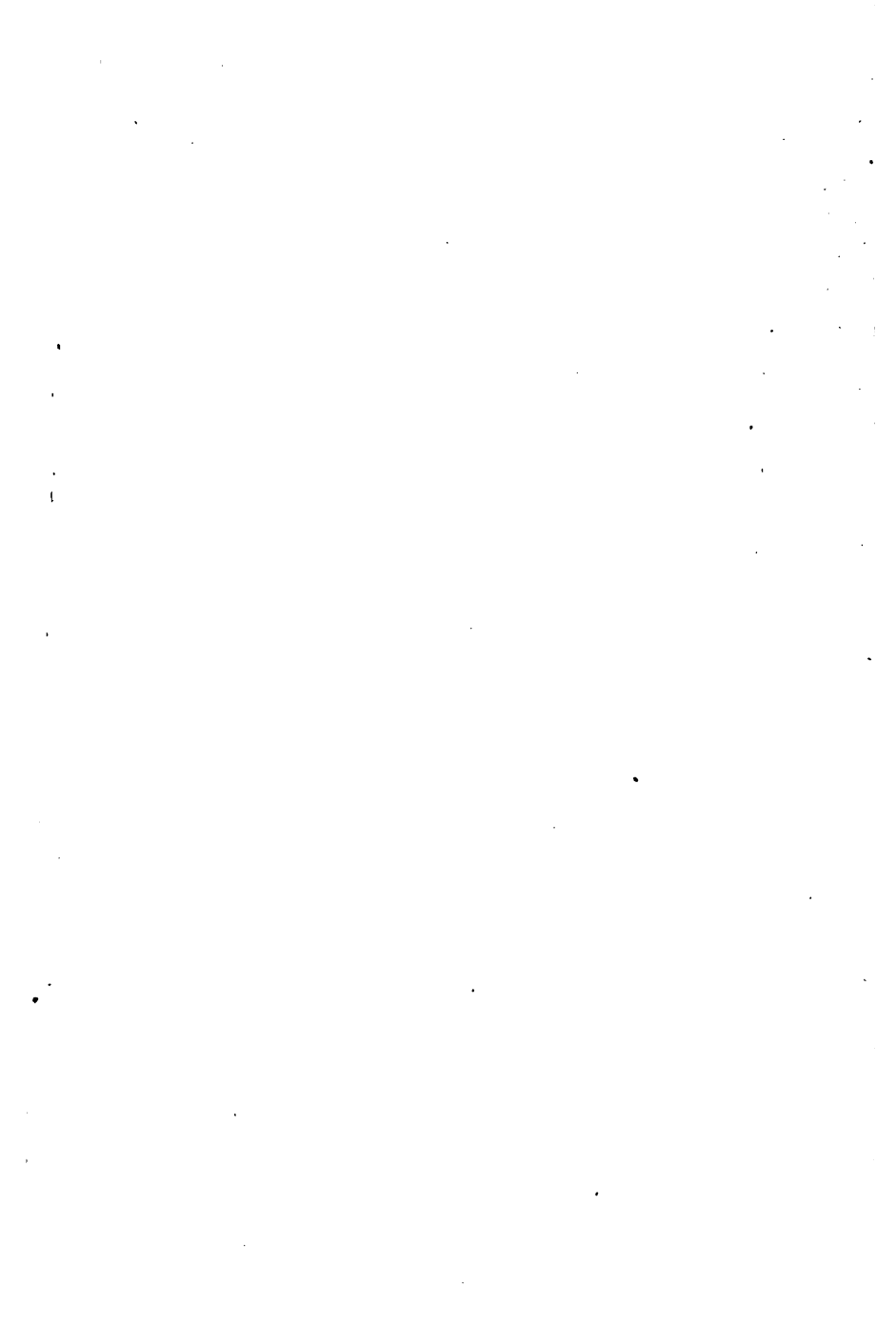
zumo, m., juice.











THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE
STAMPED BELOW

AN INITIAL FINE OF 25 CENTS

WILL BE ASSESSED FOR FAILURE TO RETURN
THIS BOOK ON THE DATE DUE. THE PENALTY
WILL INCREASE TO 50 CENTS ON THE FOURTH
DAY AND TO \$1.00 ON THE SEVENTH DAY
OVERDUE.

NOV 15 1933

NOV 15 1933

FEB 6 1936

JUL 6 1937

SEP 14 1938

APR 27 1942

30 Sep '55 JL

JAN 28 1956 LU

44
p. 7e
ms

YB 00983

